JUAN FERNÁNDEZ MOLINA - ANTONIO FLORES DÍAZ

Disertaciones Doctorales en **Ambiente** y **Desarrollo**

UNELLEZ
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL
DE LOS LLANOS OCCIDENTALES
EZEQUIEL ZAMORA
La Universidad que Siembra

feduez
Fondo Editorial
Universidad Ezequiel Zamora

Serie: **Disertaciones Doctorales**

Publicaciones del Área de Estudios de Postgrado

Ph.D. Juan José Fernández Molina
Dr. Antonio Flores Díaz
Compiladores/Editores

DISERTACIONES DOCTORALES EN AMBIENTE Y DESARROLLO

UNELLEZ

San Carlos, estado Cojedes, Venezuela. Diciembre 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL

DE LOS LLANOS OCCIDENTALES EZEQUIEL ZAMORA

VICERRECTORADO DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS INDUSTRIALES

COORDINACIÓN DE ÁREA DE POSTGRADO

TÍTULO: DISERTACIONES DOCTORALES EN AMBIENTE Y DESARROLLO.

EDICIÓN: Coordinación de Área de Postgrado. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora.

COMPILADORES/EDITORES: Ph.D. Juan José Fernández Molina y Dr. Antonio Flores Díaz.

SERIE: Disertaciones Doctorales N° 1.

CONCEPTO Y DISEÑO DE LA EDICIÓN: Ph.D. Juan Fernández Molina.

DISEÑO DE CARÁTULA: Ing. Robert Alejandro Ardiles.

FOTOGRAFÍA: Sabana Larga, municipio Ricaurte, estado Cojedes. Cortesía de la Dra. Olga Ochoa Henríquez.

IMPRESIÓN: Digital. Coordinación de Postgrado. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. UNELLEZ-San Carlos, estado Cojedes, Venezuela.

REVISIÓN FINAL: Dr. Jorge Luis Millano Tudare.

DEPOSITO LEGAL: CO2017000013

ISBN: 978-980-248-200-9

DIRECCIÓN: Coordinación de Área de Postgrado. Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales. UNELLEZ. Urbanización Cantaclaro. Final Avenida Principal. San Carlos, estado Cojedes, Venezuela.

Impreso en Venezuela / Printed in Venezuela

COMPILADORES/EDITORES

Ph.D. JUAN JOSÉ FERNÁNDEZ MOLINA (UNELLEZ)

Dr. ANTONIO FLORES DÍAZ (UNELLEZ)

CONSEJO DE ARBITRAJE

Dra. CARELIA HIDALGO (UCLA)

Dra. CARMEN CECILIA PINEDA (UNESR)

Dr. EDGAR JAIMES CÁRDENAS (ULA)

Dr. JESÚS ARANGUREN (UPEL y UTN-Ecuador-)

Dr. FRANKLIN PAREDES (UNELLEZ)

VERSIÓN ELECTRÓNICA

Ph.D. JUAN JOSÉ FERNÁNDEZ MOLINA

Dr. ANTONIO FLORES DÍAZ

REVISIÓN FINAL

Dr. JORGE LUIS MILLANO TUDARE

La Universidad Que Siembra

SERIE DISERTACIONES DOCTORALES: Bajo esta serie se presentan resultados de investigaciones de Tesis Doctorales de alta pertinencia científica producto de los doctores egresados del Doctorado en Ambiente y Desarrollo del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora, San Carlos, estado Cojedes. Los trabajos presentados deberán estar arbitrados y, a su vez, aprobados por la Comisión Técnica de Estudios de Postgrado, para su posterior publicación.

EN HOMENAJE AL 42 ANIVERSARIO DE LA UNELLEZ

AUTORIDADES DE LAUNELLEZ

Dr. ALBERTO JOSÉ QUINTERO
RECTOR

Prof. OSCAR ERNESTO HURTADO JARA
SECRETARIO

Mg. JESÚS MANUEL MONSALVE
VICE-RECTOR DE SERVICIOS

Prof. ARLENE JOSEFINA VERGARAS
VICE-RECTORA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
BARINAS, ESTADO BARINAS

MSc. ALBERTO HERRERA
VICE-RECTOR DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
GUANARE, ESTADO PORTUGUESA

Dr. WILMER J. SALAZAR
VICE-RECTOR DE INFRAESTRUCTURA Y PROCESOS INDUSTRIALES
SAN CARLOS, ESTADO COJEDES

Prof. MARYS ORASMA
VICE-RECTORA DE PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL
SAN FERNANDO DE APURE, ESTADO APURE

Prof. RAÚL GARCIA PALMA
SECRETARIO EJECUTIVO DE CREACIÓN INTELECTUAL

MSc. FRANCI ARTAHONA
SECRETARIA EJECUTIVA DE POSTGRADO

Prof. LINO RODRÍGUEZ
SECRETARIO EJECUTIVO DE EXTENSIÓN

AUTORIDADES DE LA UNELLEZ SAN CARLOS

Dr. WILMER SALAZAR SANTANA
VICE-RECTOR DE ÁREA

Ing. FRANCISCO RIVAS
JEFE PROGRAMA INGENIERÍA, TECNOLOGÍA
Y ARQUITECTURA

MSc. JORDY GÁMEZ
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DEL AGRO Y DEL MAR

MSc. ORLANDO SÁNCHEZ
JEFE PROGRAMA CIENCIAS SOCIALES

Lcda. PATRICIA MENDOZA
JEFE PROGRAMA CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

Prof. LOREDANA GIUST MORESCO
SECRETARIA DEL CONSEJO ACADÉMICO

MSc. PATRICIA ROJAS
COORDINADORA DE CREACIÓN INTELECTUAL

Dr. GUSTAVO JAIME G.
COORDINADOR DE ÁREA DE POSTGRADO

Ing. YESSICA AGUIRRE
COORDINADORA DE EXTENSIÓN

Lcdo. EFRAÍN GARCÍA
JEFE DEL SUBPROGRAMA CULTURA

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

LA FENOLOGÍA EN LA TELEDETECCIÓN

Jorge Luis Millano Tudare 17

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN Y LAS SEQUÍAS EN VENEZUELA

Ivis Quiroz Ruiz, Franklin Paredes Trejo y Edilberto Guevara 35

CAPÍTULO 3

LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA: UNA PRÁCTICA REFLEXIVA SOCIAL EN LA FORMACIÓN AMBIENTAL UNIVERSITARIA

Yarith C. Navarro E. y Carmen Cecilia Pineda…….....52

CAPÍTULO 4

CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES DE USO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE BOSQUE PLANTADO Y RESERVA DEL MEDIO SILVESTRE

Carmen Morante Ascanio y Jesús Aranguren 70

CAPÍTULO 5

CULTURA AMBIENTAL Y GESTIÓN UNIVERSITARIA SOSTENIBLE

Olga Ochoa H. 90

CAPÍTULO 6

EL ANÁLISIS FACTORIAL EN LA EVALUACIÓN DE COMPONENTES, FACTORES E INDICADORES DE CALIDAD DE VIDA

Nahir Carballo y Edgar Jaimes 113

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO Y DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO TINAQUILLO, ESTADO COJEDES, VENEZUELA

Marlenis Aguilar, Edgar Jaimes y Franklin Paredes……129

PRESENTACIÓN

La Coordinación de Área de Postgrado del Vicerrectorado de Infraestructura y Procesos Industriales de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora (UNELLEZ-San Carlos), tiene el honor de presentar en esta oportunidad la edición del Libro titulado: *Disertaciones Doctorales en Ambiente y Desarrollo.*

En concordancia con la Resolución de Comisión Técnica de Postgrado Nº CT 2017/0013 de fecha 20/06/2017, Acta Ordinaria N° 0004, Punto N° 24, se publicarán resultados de investigaciones de las Tesis Doctorales del Área de Estudios de Postgrado de la UNELLEZ-San Carlos, que reciban la mención de publicación.

En esta edición extraordinaria titulada *"Disertaciones Doctorales en Ambiente y Desarrollo. Serie N° 1"*, se propone difundir los primeros siete (07) productos de investigación correspondiente a los Doctores egresados de la Primera Cohorte del Doctorado de Ambiente y Desarrollo de la UNELLEZ-San Carlos (Período 2013-2018).

Como respuesta ante el compromiso institucional de ser portadora y dinamizadora de innovación y creatividad, así como la de promover, divulgar y publicar los avances y resultados de su quehacer científico, nuestra *alma mater* responde plenamente a su insigne tarea y vocación originaria de divulgar la ciencia que se edifica en la cotidianidad de los espacios de la investigación. Por más de 40 años sigue firme en su labor coadyuvando con los asuntos ambientales generando así, aportes significativos al desarrollo regional de los llanos occidentales venezolanos y del país en general, con orientaciones hacia la sostenibilidad, la preservación y conservación de los recursos naturales y la educación ambiental desde las disertaciones en los estudios de cuarto y quinto nivel.

Ante la crisis ambiental planetaria y los cambios y transformaciones inminentes, la UNELLEZ fortalece el talento humano en la capacitación y conformación de una cultura de conocimiento e investigación enmarcada en políticas de consolidación, promoción y difusión de la investigación científica y socialmente pertinente, que se traduce en un gran esfuerzo en dar visibilidad a los saberes y conocimientos emergentes con un enfoque transdisciplinario convertidos en calidad y pertinencia socioambiental universitaria.

De allí, su afán de editar obras cuyos contenidos respondan a las necesidades de la sociedad actual, realzando la investigación para avanzar en la praxis con propuestas y respuestas novedosas a la problemática ambiental regional, nacional y mundial.

Esta publicación se presenta en siete capítulos descritos a continuación:

CAPÍTULO 1. LA FENOLOGÍA EN LA TELEDETECCIÓN

Este estudio se fundamentó en un diseño bibliográfico, enmarcado en una investigación documental; basado en una revisión sistemática, rigurosa y profunda; focalizando la atención en la recopilación de información de diversas fuentes. Los objetivos que se estableció el investigador fueron: 1) describir e interpretar información hemerobibliográfica sobre la teledetección y sus implicaciones en la fenología; 2) analizar la fenología como tema de estudio en la teledetección; y 3) conocer algunos estudios fenológicos realizados en Latinoamérica basados en imágenes satelitales de alta calidad y alta resolución temporal. Concluyendo que el binomio teledetección y fenología es indisoluble en el seguimiento de los cultivos y la evaluación de los rendimientos de las cosechas, procesos indispensables para garantizar la producción de alimentos, pilar éste fundamental para el desarrollo económico y social del país.

CAPÍTULO 2. ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN Y LAS SEQUÍAS EN VENEZUELA

En este capítulo se aborda el análisis al detalle de la tendencia de la precipitación y las sequías locales en el territorio venezolano durante el periodo 1960-2005. La autora hace una recopilación y análisis profundo puesto que en años recientes, las sequías en el territorio venezolano han emergido como una amenaza para los sectores hídrico-urbano, hídrico-industrial, agrícola e hidroeléctrico.

Aunque los forzantes climáticos de las sequías, como por ejemplo: la variabilidad climática, no se pueden controlar, es posible formular políticas para que la población más vulnerable, se adapte a sus impactos.

Entre las conclusiones se expone que las sequías concentran su incidencia al norte del río Orinoco, pero el aporte pluvial anual tiende aumentar en la depresión de los estados Lara, Yaracuy y Trujillo, la zona central del estado Cojedes y los estados Monagas y Sucre.

La persistencia de estas pautas pluviométricas puede desencadenar severos impactos sobre los sectores agrícola, hídrico-industrial e hídrico-urbano, motivado a que la merma en el aporte pluvial anual es causada principalmente por la ocurrencia de lluvias deficitarias durante la temporada de lluvias y que el aporte pluvial anualizado disminuye desde mediados de la década del 70.

CAPÍTULO 3. LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA: UNA PRÁCTICA REFLEXIVA SOCIAL EN LA FORMACIÓN AMBIENTAL UNIVERSITARIA

Se aborda la formación ambiental universitaria desde el enfoque de la investigación acción participante (IAP) como herramienta valiosa para coadyuvar en la transición del modelo de educación tradicional a niveles de desarrollo sustentable.

Este capítulo ilustra las cuatro fases a través de las cuales puede realizarse la IAP en cualquier escenario comunitario o universitario; dichas fases son: diagnóstico participativo, planificación, ejecución y evaluación.

Enmarcada en el paradigma socio crítico, la IAP se centra en el análisis y la crítica de la realidad para que se produzcan los cambios necesarios, considera que el conocimiento se construye siempre por intereses que parten de las necesidades de los grupos y pretende la autonomía racional y liberadora del ser humano y propicia la reflexión social desde la perspectiva crítica, reflexiva y dialógica que debe contener el proceso educativo en la formación del saber ambiental en las universidades.

Dentro de sus consideraciones finales, la autora expone que la formación ambiental requiere de un proceso de cambio que debe ser impulsado desde el contexto del campus universitario y desde la propia práctica docente; esa transformación conviene realizarla desde el método de la Investigación Acción Participativa siendo ésta una vía expedita para el mejoramiento de la calidad de la educación, la profesionalización de los docentes y para

propiciar el cambio del modelo educativo tradicional en las instituciones de educación superior.

CAPÍTULO 4. CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES DE USO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE BOSQUE PLANTADO Y RESERVA DEL MEDIO SILVESTRE

El objetivo de esta investigación fue caracterizar las unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado y del área de reserva del medio silvestre, con la finalidad de obtener la base de datos primarios para proseguir en investigaciones concernientes a la construcción de indicadores y evaluación de la sustentabilidad en bosques plantados desde el enfoque de sistemas.

Partiendo del hecho de que los bosques plantados son ecosistemas dominados por individuos arbóreos establecidos por acción antrópica, las áreas de reserva natural o de reserva del medio silvestre son porciones de terrenos cuyo objetivo es la conservación del equilibrio ecológico para proteger el patrimonio forestal y la diversidad biológica de la zona.

Finalmente, se contextualizó la denominación de unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado, como el área destinada a la aplicación de un conjunto de prácticas combinadas, entre agroecológicas y convencionales según la capacidad de uso del suelo, manejo integrado y aprovechamiento de los productos del sistema de eucalipto para transitar hacia la sustentabilidad en el tiempo, con base a la biodiversidad del sistema.

CAPÍTULO 5. CULTURA AMBIENTAL Y GESTIÓN UNIVERSITARIA SOSTENIBLE

En esta investigación se abordó la temática vital relacionada con la cultura ambiental universitaria (CAU) actual, enmarcada en el paradigma interpretativo de un fenómeno social, bajo los principios de recursividad, hologramático y dialógico del enfoque de la complejidad; considerando el rol de la universidad desde la pertinencia y la responsabilidad socioambiental universitaria ante la crisis ambiental planetaria y el compromiso de ésta ante las generaciones presentes y futuras.

Se plantea la urgencia de la revisión y evaluación de la realidad cultural-institucional, para activar el proceso autorreflexivo y de concienciación permanente para el cumplimiento de sus funciones sustanciales con enfoque sostenible.

Finalmente se develó que la CAU no cuenta con un marco normativo en la inserción de la dimensión ambiental (IDA) así como la inexistencia de políticas ambientales, con debilidades e incoherencias en la gestión ambiental universitaria.

Es de especial relevancia mencionar, como reflexión final no conclusiva, que la realidad de nuestras universidades no escapan a la necesidad de desarrollar una genuina cultura ambiental y, por ende, una gestión universitaria pertinente y acorde a las necesidades del mundo actual para el cumplimiento cabal de sus funciones sustantivas para asumir el auténtico liderazgo que le corresponde en su aporte hacia la sostenibilidad planetaria transgeneracional.

CAPÍTULO 6. EL ANÁLISIS FACTORIAL EN LA EVALUACIÓN DE COMPONENTES, FACTORES E INDICADORES DE CALIDAD DE VIDA

El objetivo de este trabajo fue determinar los componentes, factores e indicadores de un nuevo constructo de calidad de vida, utilizando los datos provenientes de la aplicación de un modelo de encuesta multipunto a 408 familias residenciadas en el conjunto residencial Ezequiel Zamora, localizado en la ciudad de San Carlos, capital del estado Cojedes, Venezuela. La hipótesis que orientó esta investigación estableció que el índice de calidad de vida es un parámetro multifactorial y predictivo de la calidad de vida; no obstante, hasta el momento no había sido posible definir el número de sus componentes, factores e indicadores requeridos para formularlo como tal y que fuera preciso y confiable para calcular la calidad de vida de un determinado sitio.

Visto que el fin último de este trabajo de investigación fue el aporte metodológico para evaluar la calidad de vida en comunidades, se planteó como hipótesis del mismo la siguiente Idea-Fuerza: el índice de calidad de vida es un parámetro multifactorial de carácter predictivo de la calidad de vida. En razón de lo anterior, el uso de la técnica de análisis factorial confirmatorio permitió verificar las relaciones formuladas y comprobar estadísticamente estos supuestos.

La autora expone, entre otras consideraciones finales, que el nuevo constructo de calidad de vida está conformado por dos componentes principales, 10 factores y 40 indicadores, y servirá de base para la futura definición de un modelo multivariado para la estimación de la calidad de vida de un determinado sitio.

CAPÍTULO 7. ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO Y DE LA CALIDAD DEL AGUA, EN LA SUB CUENCA DEL RÍO TINAQUILLO, ESTADO COJEDES, VENEZUELA

Consiste en una investigación que tuvo por objetivo analizar los elementos del clima y de la calidad del agua en la subcuenca del río Tinaquillo, localizada en la cuenca del río Tinaco, estado Cojedes, Venezuela. Los elementos climáticos considerados en el análisis fueron: pluviosidad, evaporación, humedad relativa, radiación y viento. Se determinaron las características físicas, químicas y microbiológicas del agua del rio Tinaquillo mediante los métodos convencionales de laboratorio, utilizando muestras de aguas obtenidas en ocho puntos, de acuerdo con una sectorización realizada en tramos de igual longitud a lo largo del cauce del río.

Los datos obtenidos mostraron que los elementos climáticos están influenciados por la dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical en Venezuela; así como por las características del relieve en la subcuenca del río Tinaquillo, incluyendo la deforestación intensa ocurrida en las últimas décadas en la parte alta e intermedia de dicha subcuenca.

Las consideraciones finales de esta investigación precisan que se aprecia un creciente deterioro de la calidad del agua del río Tinaquillo, en comparación con estudios de data pasada; y que los elementos climatológicos y físicos naturales, así como la calidad del agua de la subcuenca se ven comprometidos cada vez más, por la incidencia de un mayor número de actividades asentadas a lo largo de toda la subcuenca: 24% del área se encuentra intervenida con actividades agrícolas, industriales, pecuarias y domésticas; y, el 60% del área presentó intervención de la masa boscosa, principalmente por siembra de cultivos, presencia de comunidades y actividades comerciales.

Para concluir, la autora expresa la siguiente recomendación entre otras: plantear la necesidad de implementar políticas e incentivos para promover el manejo adecuado de los componentes de la subcuenca, a los fines de mejorar el desempeño de las actividades ya

instaladas que estén en armonía con el ambiente, restringiendo aquellas que deterioran, significativamente, las condiciones ecológicas de la misma.

Finalmente, haciendo propias las palabras de Antonio Machado: “Caminante no hay camino, se hace camino al andar”, esperemos en Dios, para que Él sea el guía de las estelas dejadas al pasar por este planeta en la búsqueda de la verdad, la armonía con el ambiente y afianzar los valores transcendentales de la humanidad desde las generaciones presentes para las futuras.

Las autoridades universitarias y editores agradecen a los autores de las investigaciones compiladas en esta edición; así como también, a los árbitros que con gran desinterés, mística y profesionalismo, prestaron su colaboración en la revisión y evaluación de estas 7 disertaciones doctorales y certificaron su publicación, que modestamente se deja al criterio de los distinguidos lectores.

En la Villa de San Carlos de Austria, a los 27 días del mes de Noviembre de 2017.

Dra. Olga Ochoa H.

CAPÍTULO 1

LA FENOLOGÍA EN LA TELEDETECCIÓN

(*THE PHENOLOGY IN TELEDETECTION*)

Jorge Luis Millano Tudare

Doctor en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela

RESUMEN

El seguimiento de los procesos que suceden en la Tierra es quizás una de las aplicaciones más importantes de la teledetección. Por ello, las imágenes satélites pueden utilizarse para el análisis de esos procesos como por ejemplo, el seguimiento del ciclo de crecimiento de los cultivos y la evaluación de los rendimientos de una cosecha. De ahí, la gran tarea de la fenología como ciencia que observa, contempla y/o ve el desarrollo de las especies vegetales en su ciclo vital, con especial énfasis en las vinculaciones existentes entre dicha evolución biológica y la variabilidad de las condiciones ambientales. Este estudio se fundamentó en un diseño bibliográfico y se enmarcó en una investigación documental, cuyos objetivos fueron: 1) describir e interpretar información hemerobibliográfica sobre la teledetección y sus implicaciones en la fenología; 2) analizar la fenología como tema de estudio en la teledetección; y 3) conocer algunos estudios fenológicos realizados en Latinoamérica basados en imágenes satelitales de alta calidad y alta resolución temporal. Se concluyó que el binomio teledetección y fenología es indisoluble en el seguimiento de los cultivos y la evaluación de los rendimientos de las cosechas, procesos indispensables para garantizar la producción de alimentos, pilar éste fundamental para el desarrollo económico y social del país.

Palabras clave: *verdor de vegetación, NDVI, MODIS, estudios fenológicos, Latinoamérica.*

SUMMARY

The tracking processes that happen on Earth is perhaps one of the most important applications of remote sensing. Therefore, satellite images can be used to analyze those processes, for example, the monitoring of the crop growth cycle and the evaluation of crop yields. Hence, the phenology has a great task as a science, which observes, contemplates and/or sees the development of vegetable species through their life cycle, with special emphasis on the linkages between their biological evolution and the variability of environmental conditions. This study is based on a bibliographic design and can be seen as a documentary research, whose objectives were: 1) to describe and interpret hemerobibliographic information on remote sensing and its implications in phenology; 2) to analyze phenology as a subject of study in remote sensing; and 3) to know some phenological studies carried out in Latin America based on satellite images of high quality and high temporal resolution. It was concluded that the binomial remote sensing and phenology is indissoluble in the monitoring of crops and the assessment of crop yields, besides these processes are key to guarantee the production of food, and both are a column fundamental for the economic and social development of the country.

Keywords: *vegetation greening, NDVI, MODIS, phenological studies, Latin America.*

Introducción

El estudio de la dinámica del intercambio de materia y energía, como un atributo que define el funcionamiento de los ecosistemas, ha cobrado interés en el mundo científico debido a que la vegetación es un indicador fundamental del estado de un ecosistema por el papel primordial que juega en los ciclos del agua y del carbono además de la información que suministra para el entendimiento del cambio climático (Sobrino y Julien, 2011). Dado que la actividad fotosintética es una medida de la transformación de la energía radiante en energía química, cualquier cambio observable en ella puede indicar alteraciones en el ambiente (Baldi, Nosetto, Aragón, Aversa y Paruelo, 2008). De esta manera, la respuesta más expedita a las perturbaciones (Milchunas y Lauenroth, 1995) y el poder usar teledetección para monitorear grandes áreas geográficas bajo una aproximación común (Mildrexler, Zhao, Heinsch y Running, 2007) son dos de sus ventajas más atractivas. Así pues, el estudio de bases de datos de imágenes satelitales de gran amplitud temporal constituye una excelente herramienta para analizar los cambios en diferentes aspectos del funcionamiento de los ecosistemas con interés para el conocimiento y la gestión de los mismos (Duro, Coops, Wulder y Han, 2007).

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) es el índice más utilizado para evaluar las respuestas ecológicas frente a cambios ambientales (Paruelo, 2008), por poseer un gran valor en términos ecológicos y ser una variable integradora del funcionamiento del ecosistema (Virginia y Wall, 2001). Las series temporales de NDVI con alta resolución temporal del producto estándar Terra-Moderate Resolution Imaging Spectroradiometry (Terra-MODIS), permiten monitorear diferentes indicadores de la dinámica de la intercepción de radiación por parte de la vegetación terrestre, entre ellos la fenología del ecosistema, a partir de la cual es posible caracterizar la actividad de los ecosistemas.

Los objetivos de esta investigación fueron: 1) describir e interpretar información hemerobibliográfica sobre la teledetección y sus implicaciones en la fenología; 2) analizar la fenología como tema de estudio en la teledetección; y 3) conocer algunos estudios fenológicos realizados en Latinoamérica basados en imágenes satelitales de alta calidad y alta resolución temporal.

Metodología

Este estudio se fundamentó en un diseño bibliográfico basado en una revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental, en la que se procuró el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. El tipo de investigación fue documental porque se focalizó la atención en la recopilación de información de diversas fuentes. (Palella y Martins, 2006).

Generalidades sobre teledetección

La teledetección, traducción latina del término inglés “remote sensing” (Chuvieco, 1996), denominada también percepción remota, ha sido una técnica altamente dependiente del desarrollo tecnológico existente para el momento de su aplicación. En un sentido amplio, se define como la captura de información, a través de un sensor, de un objeto a distancia; es decir, sin que exista un contacto material entre el objeto observado y el sensor; y en un sentido más restringido, considerando los sensores colocados en plataformas espaciales con el fin de evaluar los recursos ambientales de la tierra, es entendida como la captura, tratamiento y análisis de imágenes digitales tomadas desde estas plataformas,

comúnmente llamadas imágenes de satélites (Pérez y Muñoz, 2006). Esta captura de información sin existir contacto físico, asume la existencia de una interacción basada en energía, entre una fuente de la misma, que puede ser natural o artificial y una cubierta que la recibe y refleja en función de sus características físicas.

Así pues, en este modelo de interacción energética la energía solar constituye la fuente y las cubiertas terrestres las que reciben y reflejan, siendo el sensor, en este caso pasivo, el elemento clave para detectar y almacenar el comportamiento reflectivo variable, condicionado por factores ambientales y por las propias características de las cubiertas, que es plasmado en la imagen. Esta imagen es trasmitida a la tierra y recibida en los centros de recepción para su tratamiento y posterior distribución a los usuarios para su análisis (Figura 1).

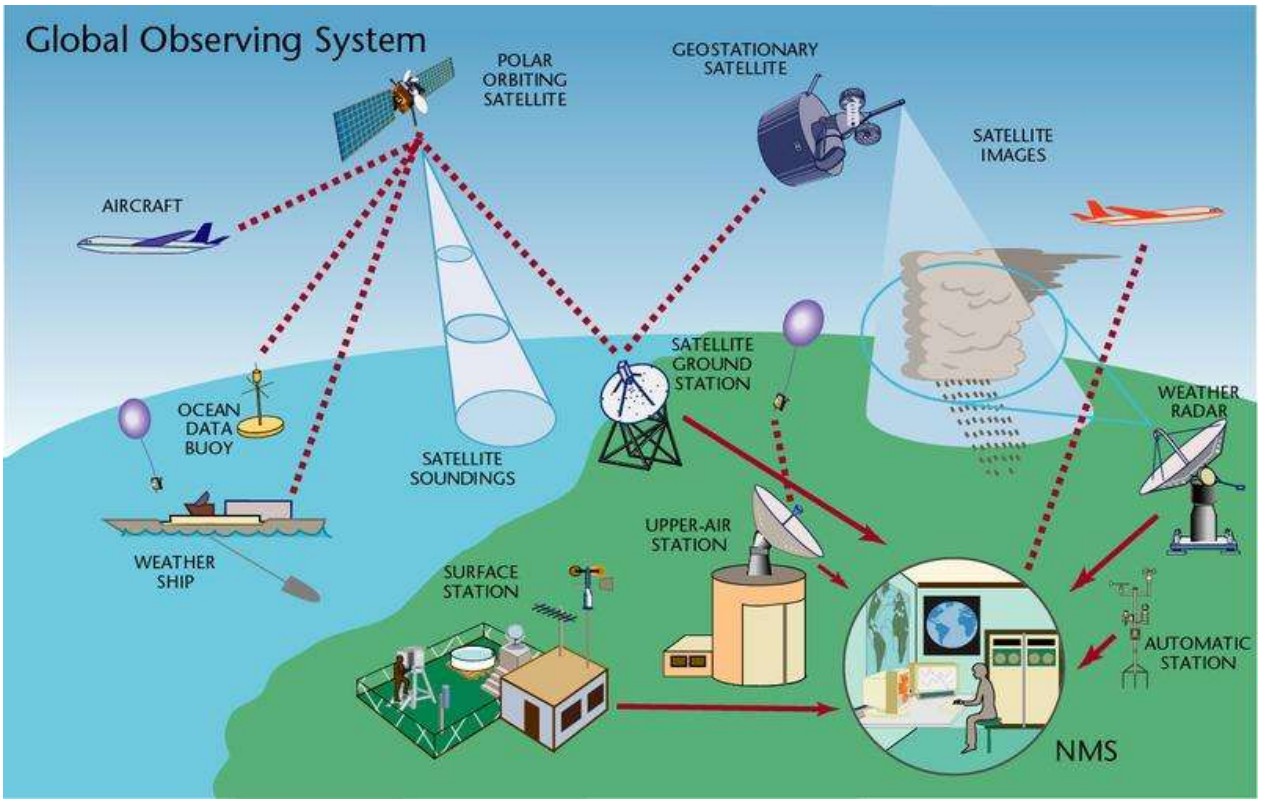


Figura 1. Elementos de un sistema de teledetección espacial.
Fuente: https://goo.gl/92a0E3

Por otro lado, la información de las cubiertas terrestres que el sensor es capaz de adquirir está fundamentada en el proceso de radiación electromagnética, explicada desde la

física como energía que se propaga a la velocidad de la luz desde la fuente (sol) a través del espacio hacia otros objetos, que posteriormente reflejan, describiendo dos características de este flujo energético, como son la longitud de onda y la frecuencia, relacionadas inversamente y permiten clasificarlo en una serie de bandas donde el comportamiento es similar. El arreglo ordenado de estas bandas constituye el espectro electromagnético, que en el sentido de aumento de la longitud de onda comprenden los rayos gamma, los rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas y radio (Pérez y Muñoz, 2006).

Para la teledetección, las bandas espectrales y sus rangos de amplitud, comúnmente utilizadas en el conocimiento del ambiente terrestre para facilitar su comprensión y explicación, han sido: visible (azul, verde y rojo), infrarrojo (dividido en próximo o cercano, medio y lejano) y microondas (Chuvieco, 1996).

Las plataformas espaciales que orbitan el planeta tierra cuentan con sensores que a intervalos regulares transforman los niveles de energía radiada, en diferentes longitudes de onda y bandas espectrales, a valores numéricos (nivel digital) proporcionales a la intensidad de la radiancia procedente de las cubiertas, conformándose la imagen digital como pequeños cuadrados (píxeles) para cada una de las bandas, que son los que contienen la unidad mínima de información en la imagen. El tamaño de este pixel varía según el sensor, así como el número de bandas, incluso varía en un mismo sensor para sus distintas bandas (Chuvieco, 1995; Chuvieco, 2002).

Las distintas cubiertas de la superficie del planeta tierra no tienen un comportamiento espectral único e invariable; es decir, en las mismas longitudes de ondas no son permanentes, sino que otros factores ambientales que inciden sobre estas cubiertas y sus propias características, varían este comportamiento; sin embargo, se pueden distinguir ciertos comportamientos particulares de variabilidad espectral que caracterizan a las cubiertas y con los cuales pueden diferenciarse unas de otras, sin implicar esto que solo esa variabilidad define a una cubierta, ya que esta puede registrar diferencias (Chuvieco, 2002).

El índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)

En los últimos cuarenta años, la teledetección ha facilitado la investigación sobre la dinámica y distribución espacial de la vegetación a través de indicadores o índices para tal

fin, el NDVI es uno de ellos. Este índice relaciona la información espectral de la región del rojo y el infrarrojo cercano del espectro electromagnético (Rouse, Haas, Schell y Deering, 1974; Chuvieco, 1996). Con el NDVI se puede monitorear el nivel de desarrollo o crecimiento de la vegetación en diferentes regiones pues es un índice espectral estimador de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación y la productividad primaria (Paruelo, Epstein, Lauenrothy y Burke, 1997; Jobbágy, Sala y Paruelo, 2002). Posee una ventaja fundamental: sencillo de analizar o explicar; dicho de otra manera, fácil de interpretar, ya que sus valores varían entre –1 y +1, permitiendo inferir el estado de vitalidad vegetal de grandes áreas, al tiempo de revelar fenómenos de extenso rango de variación (Quevedo, Peixoto Filho, Oliveira y Paranho Filho, 2007).

El NDVI se calcula a partir de los valores de intensidad de radiación de las bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite y refleja. Su fundamento reside en precisar la densidad de color verde sobre el área geográfica de estudio, a través del análisis de los valores de longitudes de onda de la luz solar visible que absorbe la clorofila para su empleo en el proceso de la fotosíntesis (desde 0,4 µm hasta 0,7 µm), y la luz del infrarrojo cercano reflejado por las hojas (0,7 µm a 1,1 µm) (Simmon, 2015). Por ende, para su cálculo solo es necesaria la información captada por los sensores correspondientes a las bandas roja e infrarroja cercana del espectro electromagnético. La expresión matemática es la siguiente:

$$NDVI = \frac{\text{Banda Infrarroja Cercana} - \text{Banda Roja}}{\text{Banda Infrarroja Cercana} + \text{Banda Roja}} = \frac{\text{IRC} - \text{R}}{\text{IRC} + \text{R}} \qquad (1)$$

donde, IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo. Así pues, el rango de valores de las reflexiones espectrales se encuentra entre el 0 y el 1; ya que, tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral.

El uso del NDVI ha sido extensivo en estudios a pequeña escala, y especialmente para analizar cambios globales en la vegetación (Alcaraz-Segura, Baldi, Durante y Garbulsky (2008); Millano y Paredes, 2016). Dichos estudios permiten conocer el estado del vigor vegetal sobre grandes espacios y detectar fenómenos de amplio rango de acción. Desde el punto de vista ambiental, el NDVI contribuye a evaluar las respuestas ecológicas frente a

los cambios ambientales que ha experimentado el globo terrestre (Barbosa, Huete y Baethgen, 2006; Millano y Paredes, 2016).

El sensor moderate resolution imaging spectroradiometry (MODIS)

Las imágenes satelitales son alternativas y/o complementos buenos a la fotografía aérea y, junto a la información digital contenida en bancos de datos, brinda hoy día una puntual evaluación de las condiciones climatológicas y ambientales (Calas, 1999). Por ello, diversos países las utilizan para el monitoreo de áreas de desastre tanto naturales como los causados por la intervención directa o indirecta del ser humano (sequías, inundaciones, incendios, huracanes, entre otros.), así como también para la evaluación de la variabilidad estacional y temporal del verdor de la vegetación debido a la relación causa-efecto entre la frecuencia y la duración de las sequías meteorológicas (De La Casa y Ovando, 2006; Iglesias, Barchuk y Grilli, 2010; Millano y Paredes, 2016).

La vegetación, como indicador fundamental del estado de un ecosistema, desempeña un papel primordial en los ciclos del agua y del carbono, además de la información que suministra para la comprensión del cambio climático (Sobrino y Julien, 2011). Esto refuerza lo planteado en la introducción de este artículo y que vale la pena reiterar: "la actividad fotosintética es una medida de la transformación de la energía radiante en energía química, y cualquier cambio observable en ella puede indicar alteraciones en el ambiente" (Baldi *et al*., 2008, citados por Vázquez, Adema y Fernández, 2013, p. 77). No obstante, la valoración de dichos cambios, a escala de región o continental, es un trabajo arduo debido a la escasez de registros multitemporales y su reducida cobertura espacial. Por otro lado, la fenología de la cubierta vegetal también está relacionada con el NDVI, por lo cual se la puede analizar a través de una serie de tiempo obtenida por sensores remotos y estimar parámetros biométricos que caracterizan a las diferentes etapas de un ciclo fenológico (Reed *et al*., 1994; Goetz 1997; Tieszen *et al*., 1997; Boles 2004; Jönsson y Ecklhund 2004; Mattar *et al*., 2008 citados por Vázquez, Adema y Fernández, 2013).

Pues bien, de los sensores ópticos usados para el cálculo del NDVI (el americano NOAA-AVHRR o LANDSAT-TM, el ruso RESURS MSU-E, el francés SPOT HVR, el indio IRS-1C LISS-3, entre otros), el Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR), abordo de la serie de satélites de la National Oceanic and Atmospheric

Administration (NOAA), es el sensor que provee mayor longitud de registros de NDVI. Éste abarca registros desde 1978 pero con una resolución espacial de 8 km y un tiempo de revisita de 15 días (Los, Justice y Tucker, 1994; Baldi, Nosetto, Aragón, Aversa y Paruelo, 2008; Al-Qinna, Hammouri, Obediat y Ahmad, 2011; Sobrino y Julien, 2011). Muchos son los trabajos que han utilizado las series de tiempo AVHRR-NDVI para estudiar la dinámica de la vegetación en climas tropicales semiáridos (Nicholson, Davenport y Malo, 1990; Fensholt, Rasmussen, Nielsen y Mbow, 2009), pero en pocos se han evaluado los patrones temporales y espaciales en gran detalle (Tucker, Newcomb y Dregne, 1994). La limitación de baja resolución se ha solucionado con la puesta en operación del satélite Terra por parte de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA, por sus siglas en inglés) del cual se deriva el producto estándar Terra - Moderate Resolution Imaging Spectroradiometry (Terra-MODIS) MOD09Q1. Este producto cuenta con valores de NDVI a una resolución espacial de 250 m con un intervalo temporal de 8 días a lo largo del año.

Como se precisó en el párrafo anterior, el satélite TERRA fue lanzado al espacio por la NASA, a través del Programa Sistema de Observación Terrestre (EOS, por sus siglas en inglés). Dicho lanzamiento fue en diciembre de 1999 pero las primeras imágenes fueron distribuidas a los usuarios a partir de febrero de 2000 y monitorea la totalidad de la superficie terrestre cada 1 o 2 días dependiendo de la latitud (García-Mora y Mas, 2011). A 705 Km de la superficie terráquea, TERRA posee la capacidad de registrar los cambios climáticos de la atmósfera con una precisión tal que permite el pronóstico a corto plazo. Este satélite contiene cinco sistemas de monitoreo (sensores) muy sensibles, entre ellos, el Espectrómetro de Imágenes de Resolución Moderada (MODIS, por sus siglas en inglés) (Rodríguez y Arredondo, 2005).

El sensor MODIS está a cargo del Centro Goddard de Vuelo Espacial de la NASA (NASA/GSFC, por sus siglas en inglés), y obtiene datos de cobertura terrestre y los cambios en el uso del suelo, dinámica de la vegetación y ocurrencia de fuegos, entre otros datos. Además, cuenta con una alta sensibilidad radiométrica (12 bit) en 36 bandas espectrales, en un rango de longitud de onda de 0,4 a 14 µm (Más detalles pueden ser consultados en http://wwwghcc.msfc.nasa.gov/AMSR). Por otro lado, MODIS es un explorador de barrido; es decir, cuenta con un espejo móvil que oscila perpendicularmente

a la dirección de la trayectoria con un ángulo de ± 55º que le permite explorar una franja de terreno (swath) a ambos lados de la traza del satélite, cuyo ancho es de 2.330 km (Tabla 1). El sistema óptico es un telescopio con dos espejos fuera de su eje focal que direccionan la radiación incidente a cuatro sistemas ópticos reflectantes, uno para cada región espectral: visible, infrarrojo cercano, medio y térmico. La órbita de esta plataforma es helio-sincrónica y cuasi-polar con una inclinación de 98,2º y 98º y una altitud media de 708 y 705 km respectivamente (NASA, 2008). El satélite Terra está programado para pasar de norte a sur cruzando el ecuador a las 10:30 de la mañana en su órbita descendente. Las primeras imágenes captadas por Terra se obtuvieron en febrero del año 2000 y monitorea la totalidad de la superficie terrestre cada 1 o 2 días dependiendo de la latitud (García-Mora y Mas, 2011).

Tabla 1. Especificaciones generales del sensor MODIS.

Órbita	Altitud: 708 km pasando en el ecuador a las 10:30 a.m. nodo descendente, heliosíncrona, casi polar, circular.
Tasa de escaneo	20,3 rpm, ortogonal a la órbita
Dimensiones de la franja escaneada	2.330 km (ortogonal) por 10 km (a lo largo de la órbita, al nadir)
Telescopio	17,78 cm diámetro con planos de desvío intermediarios
Tamaño	1,0 x 1,6 x 1,0 m
Peso	228,7 kg
Poder	162,5 W (promedio orbital)
Tasa de transferencia de datos	10,6 Mbps (pico); 6,1 Mbps (promedio orbital)
Codificación	12 bits
Resolución espacial	250 m (bandas 1-2) 500 m (bandas 3-7) 1000 m (bandas 8-36)
Vida útil	6 años
Tasa de transferencia de datos	10,6 Mbps (pico); 6,1 Mbps (promedio orbital)

Fuente: https://goo.gl/om58LA, citado por García-Mora y Mas (2011).

Resumiendo, el instrumento MODIS mide la reflectancia que emite la Tierra en diferentes longitudes de ondas. La información de reflectancia es corregida y procesada por la NASA, quien también, finalmente distribuye imágenes de NDVI a través del portal http://gimms.gsfc.nasa.gov/download/MODIS. Cada imagen contiene valores de NDVI a una resolución espacial de 250 m y se distribuye a un intervalo temporal de 8 días a lo largo del año (i.e., 1, 9, 17, 25 y, así sucesivamente, hasta el día 361) desde el 2000 y hasta el presente (Huete, Didan, Miura, Rodriguez, Gao y Ferreira, 2002).

La fenología como tema de estudio en la teledetección

El seguimiento de los procesos que suceden en la Tierra es quizás una de las aplicaciones más importantes de la teledetección. Por ello, las imágenes satélites pueden utilizarse para analizar el seguimiento del ciclo de crecimiento de los cultivos y la evaluación de los rendimientos de una cosecha. Así pues, las imágenes de teledetección son útiles para generar información que contribuya a "la preparación del suelo, la siembra, el establecimiento de la planta, el crecimiento activo, la floración, la fructificación y la translocación de nutrientes o la maduración de los frutos y la cosecha (Meneses-Tovar, 2011, p. 39); además, permiten entender los procesos vegetales y edáficos a mediano o largo plazo, el estudio de la degradación forestal y la detección del cambio del uso de la tierra. Entonces, "la fenología es el estudio de la cronología de los ciclos biológicos de plantas y animales, y en particular en los referente a los cambios que tienen lugar en las distintas estaciones y bajo diversas condiciones ambientales" (Meneses-Tovar, 2011, p. 40).

A todo esto, el estudio de la armonía biológica cíclica afronta grandes retos por causa de la complejidad de la dinámica propia de los ecosistemas tropicales. En especial, la investigación de patrones universales que den explicación a este proceso se dificulta por la diversidad de géneros y/o especies que poseen diferentes comportamientos biológicos. De ahí, la gran tarea de la fenología como ciencia que observa, contempla y/o ve el desarrollo de las especies vegetales en su ciclo vital, analizando las vinculaciones existentes entre dicha evolución biológica y la variabilidad de las condiciones ambientales, tanto climáticas como edáficas y bióticas (Williams-Linera y Meave, 2002; Morante y Bello, 2012). Por lo tanto, los estudios fenológicos ayudan a la comprensión de la dinámica de los ecosistemas

tropicales y a los procesos evolutivos que ocurren en ellos (Rathcke y Lacey, 1985; Van Schaik, Terborgh y Wright, 1993).

En dichos ecosistemas, el verdor de la vegetación es modificado por la aportación de humedad que proviene de la precipitación; por ende, el exceso o déficit de lluvias, a lo largo de algún lapso de tiempo, puede ocasionar variaciones significativas en su actividad fotosintética. De allí que la precipitación es el elemento del clima que más incidencia tiene sobre la vida en la tierra. Dada su importancia, la existencia de tendencias a largo plazo determinará el funcionamiento de los ecosistemas tropicales, ya que producto de estas tendencias, aparecen cambios tanto en los totales de lluvia como en su distribución anual (Millano, Paredes y Vivas, 2007).

Lo anterior permite afirmar que la precipitación es naturalmente variable. Así, la sequía meteorológica se refleja por un déficit de precipitación en relación a la media de los registros pluviométricos de largo plazo. La persistencia de esta condición conduce a escasez de agua, tanto para los procesos naturales como para las actividades humanas, afectando el crecimiento de la vegetación y el rendimiento de los cultivos bajo secano respectivamente. En efecto, una sequía prolongada o la ocurrencia de lluvias excedentarias en un determinado lugar, pueden incidir en la dinámica del intercambio de materia y energía de los ecosistemas y por ende, en la capacidad fotosintética de la vegetación que cubre dichas regiones geográficas, lo cual se manifiesta por cambios apreciables en la intensidad del verdor de la vegetación (De La Casa y Ovando, 2006, citados por Alvarez y Basanta, 2015).

Por consiguiente, la vegetación interactúa con el clima y guarda relación con el cambio climático y la desertificación. Por ello, es un indicador clave de la diversidad biológica dentro de una región geográfica (D'Odorico, Bhattachan, Davis, Ravi y Runyan, 2013). Hoy en día se sabe que estos fenómenos pueden afectar los patrones espaciales y temporales de la fenología vegetal, así como el flujo de energía, reciclaje de nutrientes y las interacciones entre las especies y su sucesión (Reyer, Leuzinger, Rammig, Wolf, Bartholomeus, Bonfante y Klein, 2013). Así pues, la dinámica de la vegetación requiere ser entendida en más detalle, especialmente en Latinoamérica por los ecosistemas que le caracterizan, para garantizar el manejo sustentable del elemento natural suelo, con énfasis

especial en la conservación del patrimonio forestal, en la gestión integral de los recursos hídricos y en el aprovechamiento, manejo y conservación de todos los componentes de la diversidad biológica.

En la década del 70 aparece la tecnología satelital, comenzando así el monitoreo de la vegetación por medio de información derivada de los satélites a través de indicadores que fueron desarrollados precisamente, y valga la redundancia, para explorar la vegetación desde el espacio. Obviamente que con el pasar de los años, tanto los satélites como los indicadores fueron mejorados, los primeros en resolución espacial y temporal; y, los segundos, en precisión y adecuada interpretación. De estos indicadores, uno es el NDVI.

Las series temporales de NDVI con alta resolución temporal permiten monitorear diferentes variables biológicas relacionadas con la dinámica de la intercepción de radiación por parte de la vegetación terrestre; por tanto, el análisis del NDVI proporciona información relevante sobre la variabilidad anual y estacional del verdor vegetal, la fenología del ecosistema y la estabilidad (Fensholt y Proud, 2012). También ha sido correlacionado con los parámetros biofísicos de vegetación tales como el índice de área foliar, biomasa de hojas verdes, y la actividad fotosintética de la hoja (Curran, 1980). Sobre la base de lo descrito, se puede afirmar que la fenología es una disciplina de gran trascendencia en el entendimiento del comportamiento de la vegetación.

La fenología, apoyada de series temporales del NDVI, puede brindar información indirecta sobre el ciclo anual de lluvias con fines agropecuarios. De esta manera, el análisis de la dinámica vegetal puede mejorar, considerablemente, la comprensión sobre la variabilidad espacio-tiempo, y su análisis conjunto con variables climáticas (Duro, Coops, Wulder y Han, 2007), en los ecosistemas semiáridos tropicales y puede contribuir al manejo sustentable de los elementos ambientales presentes en ellos (por ejemplo, suelo y agua). Esto último, conduce a mejoras significativas en el orden socioeconómico de las comunidades insertas en dichos ecosistemas (Alcaraz-Segura, Baldi, Durante y Garbulsky, 2008).

Estudios fenológicos se han realizado en diversas áreas geográficas que pueden sustentar lo descrito en el párrafo anterior, como por ejemplo: 1) Barbosa, Huetea y Baethgen (2006)

y Schucknecht, Erasmi, Niemeyer y Matschullat (2013), determinaron que la variabilidad de la vegetación en los ecosistemas naturales en el nordeste de Brasil depende de los periodos de sequía, la profundidad del suelo y las actividades humanas; 2) Carrao, Sepulcre, Horion y Barbosa (2013) y Pereira, Justino, Malhado, Barbosa y Marengo (2014), encontraron que el ciclo agrícola, en las tierras de cultivo de secano en América Latina, se relaciona más con eventos de sequía a corto plazo que con sequías a largo plazo; y que además, el NDVI puede brindar información primaria para predecir los impactos de un déficit de precipitación en la variabilidad estacional del verdor de la vegetación; 3) Chacón-Moreno (2004), citado por Armenteras, González, Luque, López y Rodríguez (2016), evidenció que los patrones fenológicos en los ecosistemas de sabana en la región de los Llanos del Orinoco, Venezuela, están estrechamente relacionados con las condiciones climatológicas ambientales, especialmente a las lluvias estacionales; en efecto, las grandes fluctuaciones y el crecimiento de la vegetación en estos ecosistemas se asocian con la temporada de lluvias, mientras que la disminución de los valores de NDVI está asociada con la temporada seca; y, 4) Iglesias, Barchuk y Grilli (2010), citados por Britos y Barchuk (2013), demostraron que en las zonas áridas argentinas, la dinámica del NDVI difiere en distintos sitios de acuerdo a la disponibilidad de agua; además, estudiaron el comportamiento estacional de la vegetación ante las variaciones del NDVI deduciendo una correlación entre la precipitación y este índice .

Con lo anteriormente esbozado, se puede inferir que los fenómenos climáticos (e.g., la sequía y la variabilidad del clima) y las actividades antropogénicas (e.g., la demanda del agua y el cambio de uso del suelo) son elementos que influyen en la fenología de la vegetación en los ecosistemas naturales, especialmente en algunos países latinoamericanos, alterando el crecimiento de la vegetación y la dinámica y el funcionamiento de los mismos. Todo esto refuerza que el análisis de la fenología en grandes áreas geográficas, a través de series temporales del NDVI, constituye un método adecuado para el conocimiento y manejo sustentable de ecosistemas tropicales en pro de la conservación de la diversidad biológica presente en ellos (Manson, Loneragan y Phinn, 2003; Berlanga-Robles y Ruiz-Luna, 2014).

A diferencia de otros países de América, la fenología, como disciplina para entender la dinámica de la vegetación en ecosistemas, es un área de investigación incipiente en Venezuela (Millano y Paredes, 2016).

Consideraciones finales

La teledetección es una poderosa herramienta para hacer seguimiento de los procesos que ocurren en la Tierra, en especial en el monitoreo del verdor de la vegetación en ecosistemas susceptibles a los cambios ambientales que experimenta el globo terrestre.

El NDVI representa un indicador de la salud de la vegetación en grandes áreas geográficas, pues arroja valores de intensidad del verdor de los ecosistemas; por ende, da cuenta de la cantidad de vegetación presente en ellos y su estado de vigorosidad. Valores altos de NDVI representan una vegetación sana y valores bajos de NDVI, una vegetación poco saludable o enferma.

Las imágenes satelitales del MODIS-Terra son de alta calidad y son apropiadas para analizar los patrones fenológicos o la dinámica de la vegetación en diversos ecosistemas, ya que están previamente corregidas radiométricamente, geométricamente y por interferencias de nubes, cuerpos de agua y aerosoles.

La fenología, apoyada en series temporales del NDVI derivadas del producto MODIS-Terra, puede ayudar al entendimiento del comportamiento de la vegetación en amplias regiones geográficas, en cuanto a la variabilidad espacio-tiempo y su estudio conjunto con variables climáticas como la precipitación.

Finalmente, el binomio teledetección y fenología es indisoluble pues una de las aplicaciones más importantes de la teledetección es el seguimiento de los cultivos y la evaluación de los rendimientos de las cosechas, procesos indispensables para garantizar la producción de alimentos pilar fundamental para el desarrollo económico y social del país.

Referencias Bibliográficas

Alcaraz-Segura, D., Baldi G., Durante, P. y Garbulsky, M. (2008). Análisis de la dinámica temporal del NDVI en áreas protegidas: tres casos de estudio a distintas escalas espaciales, temporales y de gestión. Ecosistemas 17(3): 108-117.

Al-Qinna, M., Hammouri, N., Obediat, M. y Ahmad, F. (2011). Drought analysis in Jordan under current and future climates. Climatic Change 106: 421-440.

Álvarez, C. y Basanta, M. (2015). Manejo sustentable de sistemas agrícolas en la región central de Córdoba: una experiencia de largo plazo en INTA EEA Manfredi. Revista de Investigaciones Agropecuarias 41(2): 215-222.

Armenteras, D., González, T., Luque, F., López, D. y Rodríguez, N. (2016). Methodology for Evaluating the Quality of Ecosystem Maps: A Case Study in the Andes. ISPRS International Journal of Geo-Information 5(8): 144. Recuperado de: https://goo.gl/HY4eyh.

Baldi, G., Nosetto, M., Aragón, R., Aversa, F. y Paruelo, J. (2008). Long-term satellite NDVI datasets: evaluating their ability to detect ecosystem functional changes in South America. Sensors 8: 5397-5425.

Barbosa, H., Huete, A. y Baethgen, W. (2006). A 20-year study of NDVI variability over the Northeast Region of Brazil. Journal of Arid Environments 67: 288–307.

Berlanga-Robles, C. y Ruiz-Luna, A. (2014). Análisis de las tendencias de cambio del bosque de mangle del sistema lagunar Teacapán-Agua Brava, México. Una aproximación con el uso de imágenes de satélite Landsat. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 23(1): 29-46.

Britos, A. y Barchuk, A. (2013). Dinámica de la cobertura vegetal y los usos de la tierra a través de modelos de no-equilibrio. Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes 4: 13-38.

Calas, S. (1999). Imágenes Satelitales para Monitoreo de Desastres y Otras Aplicaciones. [Documento en línea]. En http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No7/Susana%20Calas%5Cimagenes_satelitales.htm [Consulta: abril 15, 2013].

Carrao, H., Sepulcre, G., Horion, S., y Barbosa, P. (2013). A multitemporal and non-parametric approach for assessing the impacts of drought on vegetation greenness: a case study for Latin America. EAR Se L eProceedings 12(1): 8-24.

Chuvieco, E. (1995). Fundamentos de Teledetección Espacial (2ª ed.). Ediciones RIALP S.A., Madrid, España. Pp. 305-307.

Chuvieco, E. (1996). Fundamentos de Teledetección Espacial (3ª ed.). Ediciones RIALP S.A., Madrid, España. Pp. 23-24, 46-48, 63-64, 174-183, 209-256, 229-330, 370-385.

Chuvieco, E. (2002). Teledetección Ambiental: La observación de la Tierra desde el Espacio. Ariel Ciencia, Barcelona, España. p. 427.

Curran, P. (1980). Multispectral photographic remote sensing of vegetation amount and productivity. In: Proceedings of the Fourteenth International Symposium on Remote Sensing of the Environment. Ann Arbor, MI, Pp. 623–637.

De La Casa, A. y Ovando, G. (2006). Relación entre la precipitación e índices de vegetación durante el comienzo del ciclo anual de lluvias en la provincia de Córdoba, Argentina. RIA 35(1): 67-85.

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K., Ravi, S. y Runyan, C. (2013). Global desertification: drivers and feedbacks. Advances in Water Resources 51: 326-344.

Duro, D., Coops, N., Wulder, M. y Han, T. (2007). Development of a large area biodiversity monitoring system driven by remote sensing. Progress in Physical Geography 31(3): 235-260.

Fensholt, R., Rasmussen, K., Nielsen, T. y Mbow, C. (2009). Evaluation of earth observation based long-term vegetation trends-intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data. Remote Sens. Environ. 113: 1886-1898.

Fensholt, R. y Proud, S. (2012). Evaluation of earth observation based global long term vegetation trends—Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series. Remote sensing of Environment 119: 131-147.

García-Mora, T. y Mas, J. (2011). Evaluación de imágenes del sensor MODIS para la cartografía de la cobertura del suelo en una región altamente diversa de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 63(1): 83-94.

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E., Gao, X. y Ferreira, L. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. Remote Sens. Environ. 83(1): 195–213.

Iglesias, M., Barchuk, A. y Grilli, M. (2010). Dinámica estacional e interanual del NDVI en bosques nativos de zonas áridas argentinas. Revista de Teledetección 34: 44-54.

Jobbágy, E., Sala, O. y Paruelo, J. (2002). Patterns and controls of primary production in the Patagonian steppe: a remote sensing approach. Ecology 83(2): 307-319.

Los, S., Justice, C. y Tucker, C. (1994). A global 1x1 degree NDVI data set for climate studies derived from the GIMMS continental NDVI data. International Journal of Remote Sensing 15: 3493–3518.

Manson F., Loneragan N. y Phinn S. (2003). Spatial and temporal variation in distribution of mangroves in Moreton Bay, subtropical Australia: a comparison of pattern metrics and change detection analyses based on aerial photographs. Estuarine, Coastal and Shelf Science 56: 1-14.

Meneses-Tovar, C. (2011). El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. Unasylva 238(62): 39-46.

Milchunas, D. y Lauenroth, W. (1995). Inertia in plant community structure: State changes after cessation of nutrient enrichment stress. Ecological Applications 5:1195-2005.

Mildrexler, D., Zhao, M., Heinsch, F. y Running, S. (2007). A new satellite-based methodology for continental-scale disturbance detection. Ecological Applications 17(1):235–250.

Millano, J., Paredes, F. y Vivas, I. (2007). Efecto de la Oscilación Meridional (ENSO) y la temperatura superficial del océano Atlántico sobre la distribución espacio-temporal de las lluvias en el estado Cojedes. Revista Agrollanía 4: 103-116.

Millano, J. y Paredes, F. (2016). Variabilidad de la Vegetación con el Índice de Diferencia Normalizada (NDVI) en Latinoamérica. Novum Scientiarum 2(4): 33-44.

Morante, C. y Bello, P. (2012). Estudio fenológico de árboles forestales en el bosque de galería de la UNELLEZ San Carlos, estado Cojedes. Revista Agrollanía 9: 90-99.

NASA. (2008). MODIS Web. Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio, por sus siglas en inglés. [Documento en línea]. En: http://modis.gsfc.nasa.gov/data/ [Consulta: marzo 14, 2017].

Nicholson, S., Davenport, M. y Malo, A. (1990). A comparison of the vegetation response to rainfall in the Sahel and East Africa, using normalized difference vegetation index from NOAA AVHRR. Climatic Change 17: 209–241.

Palella S. y Martins, F. (2006). Metodología de la investigación cuantitativa (2a ed.). Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas. Venezuela. Pp. 93-100.

Paruelo, J. (2008). La caracterización funcional de ecosistemas mediante sensores remotos. Ecosistemas 17(3): 4-22.

Paruelo, J., Epstein, H., Lauenrothy, W. y Burke, W. (1997). ANPP estimates from NDVI for the Central Grassland Region of the U.S. Ecology 78: 953–958.

Pereira, M., Justino, F., Malhado, A., Barbosa, H. y Marengo, J. (2014). The influence of oceanic basins on drought and ecosystem dynamics in Northeast Brazil. Environmental Research Letters 9(12): 124013.

Pérez C. y Muñoz A. (2006). Teledetección Nociones y Aplicaciones. Universidad de Salamanca, Pp. 1-6, 9-11.

Quevedo, E., Peixoto, G., Oliveira, P. y Paranho, A. (2007). Estudo da Variabilidade do NDVI dos Bairros da Bacia Hidrgráfica do Prosa - Campo Grande - MS como suporte para avaliação da qualidade ambiental. In: I Simpósio de Recursos Hídricos do Norte e Centro Oeste. Cuiabá. A busca pelo usos sustentável do recursos hídricos das regiões do Norte e Centro-Oeste. Pp. 1-11.

Rathcke, B. y Lacey, E. (1985). Phenological patterns of terrestrial p1ants. Annual Review of Eco1ogy and Systematics 16: 179-214.

Reyer, C., Leuzinger, S., Rammig, A., Wolf, A., Bartholomeus, R., Bonfante, A. y Klein, T. (2013). A plant's perspective of extremes: terrestrial plant responses to changing climatic variability. Global change biology 19(1): 75-89. Recuperado de: https://goo.gl/bJJpu1.

Rodríguez, O. y Arredondo, H. (2005). Manual para el manejo y procesamiento de imágenes satelitales obtenidas del sensor remoto MODIS de la NASA, aplicado en estudios de ingeniería civil. Trabajo de Grado. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia. 230 pp.

Rouse, J., Haas, R., Schell, J. y Deering, D. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS, NASA SP-351, Third ERTS-1 Symposium, vol. 1. NASA, Washington, DC, pp. 309–317.

Schucknecht, A., Erasmi, S., Niemeyer, I. y Matschullat, J. (2013). Assessing vegetation variability and trends in north-eastern Brazil using AVHRR and MODIS NDVI time series. Eur. J. Remote Sens 46: 40-59.

Simmon, R. (10 de noviembre de 2015). El Índice de Diferencia Normalizada de Vegetación (NDVI) y su interpretación [Mensaje en un blog]. Mundo SIG Un blog de Educación Ambiental sin fronteras.org. Recuperado de htpps://mundosigs.wordpress.com/2015/11/10/el-indice-de-diferencia-normalizada-de-vegetacion-ndvi-y-su-interpretacion/.

Sobrino, J. y Julien, Y. (2011). Global trends in NDVI-derived parameters obtained from GIMMS data. International Journal of Remote Sensing 32: 4267-4279.

Tucker, C., Newcomb, W. y Dregne, H. (1994). AVHRR data sets for determination of desert spatial extent. International Journal of Remote Sensing 15: 3547–3565.

Van Schaik, C., Terborgh, J. y Wright, S. (1993). The phenology of tropical forests: adaptive significance and consequences for primary consumers. Annual Review of Ecology and Systematics 24: 353-377.

Vázquez P., Adema, E. y Fernández, B. (2013). Dinámica de la fenología de la vegetación a partir de series temporales de NDVI de largo plazo en la provincia de La Pampa. Ecología Austral 23: 77-86.

Virginia, R. y Wall, D. (2001). Principles of Ecosystem function. En: Levin, S.A. (ed.) Encyclopedia of Biodiversity, pp. 345-352. Academic Press, San Diego, USA.

Williams-Linera, G. y Meave, J. (2002). Patrones fenológicos. [Documento en línea]. En:https://www.researchgate.net/profile/Jorge_Meave/publication/281348224_Patrones_fenologicos/links/55ed3cff08ae21d099c74924.pdf [Consulta: febrero 17, 2017].

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA TENDENCIA DE LA PRECIPITACIÓN Y LAS SEQUÍAS EN VENEZUELA

(TREND ANALYSIS OF PRECIPITATION AND DROUGHTS IN VENEZUELA)

Ivis Quiroz Ruiz[1], **Franklin Paredes Trejo**[2], **Edilberto Guevara**[3]

[1]Doctora en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[2]Doctor en Ingeniería. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[3]Ph.D. en Planificación de Recursos Hídricos. Centro de Investigaciones Hidrológicas y Ambientales de la Universidad de Carabobo. Valencia, estado Carabobo. Venezuela.

RESUMEN

En años recientes, las sequías en el territorio venezolano han emergido como una amenaza para los sectores hídrico-urbano, hídrico-industrial, agrícola e hidroeléctrico. Para mejorar la comprensión sobre este fenómeno, se analizó la tendencia de las sequías locales en el territorio venezolano durante el periodo 1960-2005 usando el Índice de Precipitación Estandarizada a escala trimestral, anual y estacional (temporada seca: enero a marzo; temporada húmeda: junio a agosto). Los registros de precipitación mensual utilizados provienen en gran medida de la base de datos del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología de la República Bolivariana de Venezuela. Los resultados más relevantes indican que: (i) la precipitación anual sobre todo del territorio venezolano tiende a disminuir significativamente desde mediados de la década de 1970; (ii) la mencionada disminución es causada principalmente por la ocurrencia de lluvias deficitarias a lo largo de la temporada de lluvias; (iii) la incidencia de las sequías se concentra sobre la región situada al norte del río Orinoco, aunque se evidencia un incremento en la aportación pluvial anualizada en la depresión de los estados Lara, Yaracuy y Trujillo, la zona central del estado Cojedes y los estados Monagas y Sucre; (iv) la persistencia de la tendencia pluviométrica indicada puede desencadenar severos impactos sobre los sectores agrícola, hídrico-industrial e hídrico-urbano.

Palabras clave*: sequía, Venezuela, variabilidad climática, tendencia.*

SUMMARY

In recent years, the droughts have emerged as a threat for sectors such as urban water supply, industrial water supply, agricultural and hydropower. To improve our understanding about this phenomena, trends of local droughts in the Venezuelan territory using the standardized precipitation index for scales: 3-months, 12-months and seasonal (dry season: January to March; rainy season: June to August) for the period 1960-2005, were analyzed. The monthly rainfall series were mainly provided by Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología of Venezuela. The main results highlight that: (i) average annual rainfall over the whole country shows a significant decreasing since mid-70s; (ii) this reduction is caused mainly by a persistent dry condition during the rainy season; (iii) droughts affect mainly the northward region of the Orinoco river, although a statistically significant increase in the depression that comprises the states of Lara, Yaracuy, Trujillo, the central region of the Cojedes state, and the Monagas and Sucre states; (iv) if these rainfall patterns remain over the time may trigger strong impacts on urban water supply, industrial water supply and the agricultural sector.

Keywords*: drought, Venezuela, climate variability, long-term trend.*

Introducción

La sequía es un fenómeno climático caracterizado por la presencia de lluvias deficitarias o su ausencia durante un tiempo prolongado sobre una región geográfica determinada (Wilhite y Glantz, 1985). La persistencia de estas condiciones ocasiona severos impactos en los sectores agrícola, hidroeléctrico y abastecimiento hídrico (Charvériat, 2000). Estudios recientes muestran que las sequías redujeron los rendimientos agrícolas en varias partes del mundo, pues han incrementado su frecuencia y severidad (Núñez *et al.*, 2011; Dahal *et al.*, 2015; Paredes *et al.*, 2015). En Sudamérica, la generación hidroeléctrica y el abastecimiento hídrico en algunas regiones propensas a las sequías, se han visto severamente afectados por sequías recientes (Garrido y Shechter, 2014; Vicario *et al.*, 2015). Esta situación preocupa la comunidad científica, pues la mayoría de los modelos climáticos indican que este fenómeno será más frecuente y severo en el futuro (Dai, 2013)

Para mitigar los impactos causados por las sequías es necesario su monitoreo y evaluación con herramientas adecuadas; como por ejemplo, usando índices de sequías (Keyantash y Dracup, 2002). Estos índices se derivan de mediciones secuenciales de la precipitación, la temperatura, el caudal de los ríos u otras variables ambientales afectadas por el déficit de lluvias. Hay una gran variedad de índices de sequías disponibles, entre los cuales están el Índice de Severidad de Sequía del Palmer (Alley, 1984), Índice de

Precipitación Estandarizada (McKee *et al.*, 1993), Índice de Precipitación-Evapotranspiración (Vicente-Serrano *et al.*, 2010), Índice de Sequía Efectiva (Kim *et al.*, 2009), entre otros (Heim, 2002). Los índices basados en la precipitación son ampliamente utilizados debido a que la mayoría de los países cuentan con registros de lluvia acumulada de larga duración y geográficamente bien distribuidos (Keyantash y Dracup, 2002). El Índice de Precipitación Estandarizada (SPI, siglas de Standardized Precipitation Index), desarrollado por McKee *et al*. (1993), destaca por su versatilidad y fácil interpretación (Guttman, 1998; Núñez *et al.*, 2014). El SPI es recomendado por la Organización Mundial de Meteorología para analizar sequías (Hayes *et al.*, 2011); además, es utilizado en la predicción, análisis de frecuencia, análisis espacio-temporal y estudios de los impactos climáticos inducidos por las sequías (Mishra y Singh, 2010).

Algunos rubros agrícolas bajo secano, como los cereales, son cultivados extensivamente en Los Llanos venezolanos para abastecer el sector agroindustrial nacional (Takamiya y Tsutsui, 2000; Paredes *et al.*, 2014). Los Llanos y las regiones Centro-Occidental y Zuliana agrupan la mayor superficie de pasturas forrajeras del país (Ortega *et al.*, 2007; Urdaneta *et al.*, 2010); contando además con más de 20 grandes embalses que satisfacen la demanda hídrica de ciudades densamente pobladas e industrializadas, así como importantes sistemas de riego (Rodríguez-Betancourt y González-Aguirre, 2000). La cuenca del río Caroní, al sureste del país, tiene una importancia estratégica, pues provee a escala nacional: el 90% de la energía hidroeléctrica y 65% de la oferta eléctrica total (Bartle, 2002; Guevara, 2006). Estos sectores dependen de la ocurrencia de lluvias en cantidad suficiente a lo largo del año para cubrir sus necesidades.

Varios estudios se han realizado en Venezuela para ampliar la compresión de las sequías, focalizados en el análisis de: (i) los patrones espaciales y temporales que configuran las sequías meteorológicas (Mendoza y Puche, 2014; Paredes *et al.*, 2014; Quiroz y Paredes, 2015); (ii) la asociación entre las sequías y algunos índices climáticos (Martelo, 2002; Paredes *et al.*, 2008; Tim y De Guenni, 2015); y (iii) la modulación que ejercen ciertos patrones de circulación atmosféricos a gran escala sobre las sequías (Pulwarty *et al.*, 1992; Poveda y Meza, 1997; Poveda *et al.*, 2006). La incidencia de las sequías sobre los rendimientos agrícolas en algunos cultivos bajo secano (Delgado y Castillo, 2011; Chassaigne-Ricciulli *et al.*, 2012; Colotti *et al.*, 2013); así como la

tolerancia de las pasturas forrajeras ante estos eventos se han analizado a escala local y regional (Marmol, 1994; Soto *et al.*, 2009). Sin embargo, la tendencia de las sequías a diferentes escalas espaciales y temporales no ha sido estudiada previamente, a pesar de ser un elemento clave para la gestión de riesgo de sequías (Steinemann, 2006; Wilhite, 2012; Dahal *et al.*, 2015). Por lo expuesto, el objetivo de este artículo es divulgar los resultados más relevantes derivados de un análisis de la tendencia de la precipitación y las sequías en el territorio venezolano a diferentes escalas temporales y espaciales.

Materiales y Métodos

Unidad de estudio

El territorio venezolano ocupa un área continental de unos 916445 km^2 al norte de Sudamérica (0.5° – 12.2° N y 59.8° – 73.4° O; Figura 1). La precipitación anual varía entre 300 a 700 mm en las regiones más secas, entre 2000 y 3500 mm en las regiones húmedas, llegando a 6000 mm en las regiones pluviales (MARN, 2005). La distribución espacial de la precipitación es condicionada por el relieve (Foghin-Pillin, 2002). Un clima tropical lluvioso es dominante, con una estación seca desde diciembre a marzo, y otra lluviosa entre junio y septiembre (Walter y Medina, 1971; Guenni *et al.*, 2008).

Registros pluviométricos

Se seleccionaron 347 estaciones de un grupo de 1527 operadas por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias y el Servicio Meteorológico de la Fuerza Aérea Venezolana (Figura 1). Las series de precipitación mensual en las estaciones seleccionadas cubren 46 años (periodo 1960-2005), con observaciones faltantes/atípicas ≤ 25% (un registro mensual, fuera del rango, media ± cuatro desviaciones estándar, secuencialmente repetido o englobado, se consideró atípico) y homogeneidad mensual verificada (prueba de homogeneidad normal estándar) (Guenni *et al.*, 2008). Los datos faltantes se estimaron con el método de imputación de Torgo (2010).

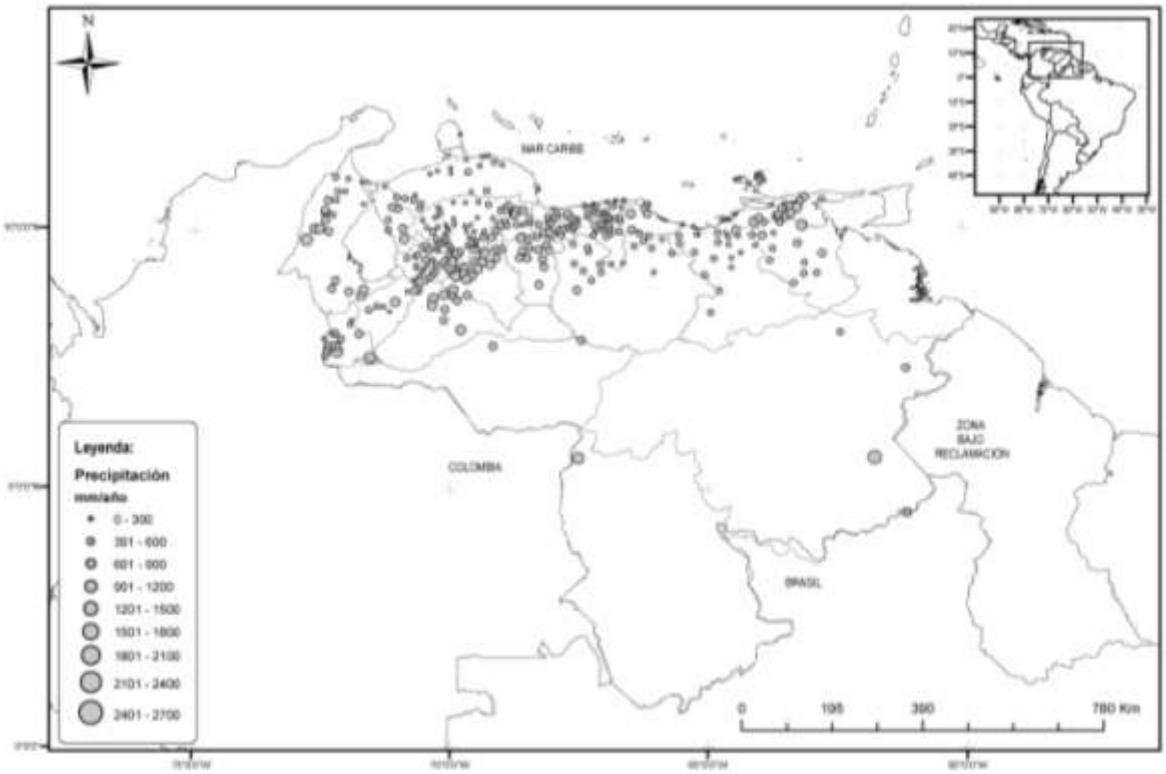


Figura 1. Unidad de estudio. Los círculos representan las estaciones pluviométricas empleadas (n=347). El tamaño de los círculos es proporcional a la precipitación media anual expresada en mm y promediada en el periodo 1960-2005 (rango: 205 a 2700 mm.año^{-1}).

Cálculo del Índice de Precipitación Estandarizada

Las series de precipitación mensual sin datos faltantes se transforman a los índices SPI3 y SPI12 como se detalla en Paredes *et al.* (2015). El número tres (doce) en el acrónimo SPI3 (SPI12) indica que se usó un acumulado trimestral (anual) móvil en el cálculo del índice SPI. Las series de tiempo del índice SPI3 para marzo y agosto se extrajeron por separado para identificar tendencias monótonas durante las temporadas seca (enero-febrero-marzo) y lluviosa (junio-julio-agosto), respectivamente.

Análisis de tendencia y detección de puntos de cambio

Se aplicó la prueba de Mann-Kendal (prueba MK) a las series de índices SPI3, SPI12, SPI3 en marzo y agosto para detectar tendencias monótonas locales (Kendal, 1975). Hipel y McLeod (1994) describen el cálculo de la prueba MK. La prueba secuencial de Mann-Kendall (Yang y Tian, 2009), se aplicó a la precipitación promediada espacialmente a escala anual y estacional, para revelar cambios en la tendencia de largo plazo.

Resultados y Discusión

Análisis espacio-temporal de la precipitación

Para el periodo 1960-2005, la precipitación media anual de las estaciones indicadas en la Figura 1 es de 1070 mm.año^{-1}. El trimestre con la menor contribución pluvial es enero-febrero-marzo con 70 mm (7% del total anual). Entre junio y octubre se da el mayor aporte pluvial del año (660 mm; 62% del total anual). Este resultado revela una concentración de la lluvia en los meses donde la Zona de Convergencia Intertropical tiene mayor actividad (verano astronómico boreal), lo cual es consistente con varios estudios previos en los que se analiza el régimen pluviométrico en Venezuela (Pulwarty *et al.*, 1992; Lobo *et al.*, 2010). Para el contexto espacial, la Figura 1 muestra que las regiones más húmedas (sobre los 2000 mm.año^{-1}), se localizan en: (i) la vertiente este de Los Andes ubicada al noroeste del estado Portuguesa; (ii) al este de la Serranía de Turimiquere (estado Sucre) y, (iii) la Sierra Pacaraima (sureste del estado Bolívar). En general, el control orográfico parece tener un rol preponderante en estas regiones (Díaz, 1985).

La Figura 2 muestra la distribución de la precipitación en la unidad de estudio al tomar en cuenta todo el año así como los trimestres más secos y húmedos, respectivamente. En la Figura 2(a) se observan años con un monto pluvial cercano a la mediana (ej., 1966), y años con pluviosidad deficitaria (ej., 2001-03) y pluviosidad excedentaria (ej., 1969-70). Note que los años con más déficit de lluvias están al final del periodo analizado, sugiriendo un incremento en la recurrencia de las sequías; en particular, después de la década de 1970.

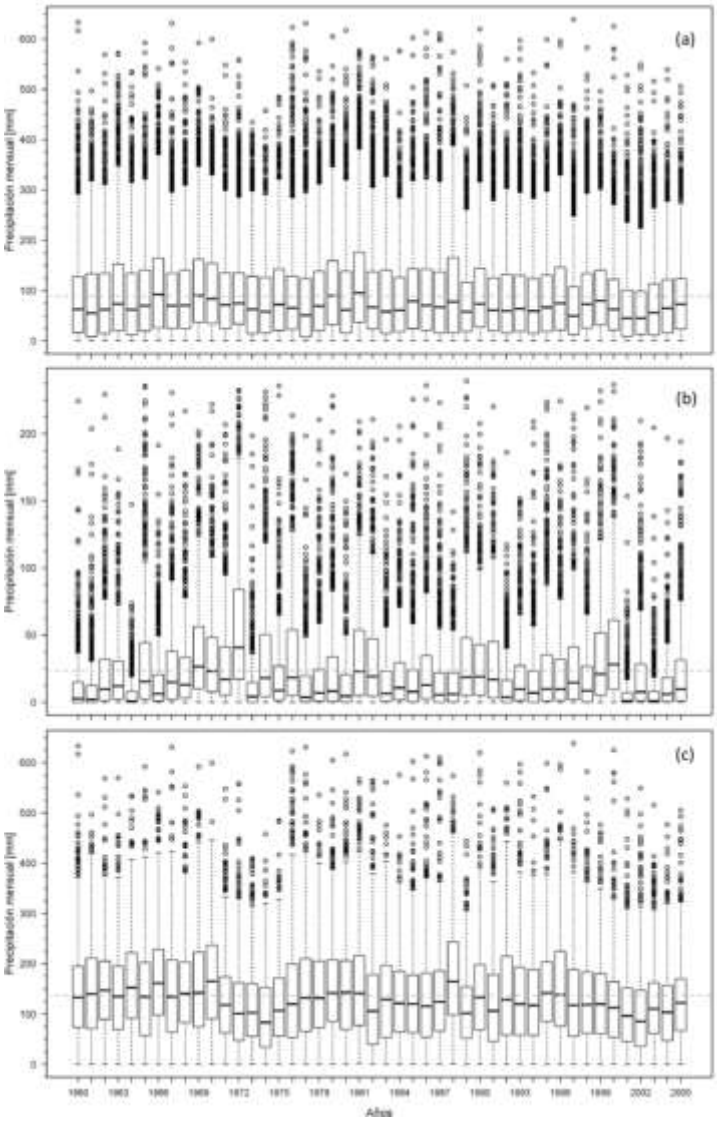


Figura 2. Precipitación mensual en las estaciones indicadas en la Figura 1 para el periodo 1960-2005 considerando los meses: (a) enero hasta diciembre; (b) enero-febrero-marzo (temporada seca); (c) junio-julio-agosto (temporada de lluvias). En cada caja, la banda negra representa la mediana, los extremos son los percentiles 25 y 75 (rango intercuartilico) y los círculos son observaciones situadas fuera de ± 1.5 veces el rango intercuartilico. El promedio del periodo mostrado se representa por la línea segmentada en (a), 88.18 mm; (b), 23.46 mm; y (c), 136.37 mm.

Una adecuada gestión de la sequía requiere conocer la tendencia local a largo plazo de la precipitación anual. El mapeado de este parámetro permite identificar las regiones donde el monto anual de lluvia tiende a disminuir de forma sostenida en el tiempo. Para explorar este aspecto, la Figura 3 muestra la tendencia de la precipitación anual en las estaciones analizadas durante el periodo 1960-2005. En conclusión, en 39% de las estaciones se

observa una disminución significativa (α = 0.05; n = 135); en el 42% se nota una tendencia negativa, aunque estadísticamente no significativa (α = 0.05; n = 147); en el 2% existe una tendencia positiva y estadísticamente significativa (α = 0.05; n = 8); y finalmente, en el 16% del grupo de estaciones analizadas la tendencia es positiva, pero estadísticamente no significativa (α = 0.05; n = 57). Al considerar en el análisis el ámbito geográfico, se percibe una tendencia generalizada hacia la disminución de la pluviosidad anual al norte del río Orinoco; exceptuando la depresión de los estados Lara, Yaracuy y Trujillo, la zona central del estado Cojedes y los estados Monagas y Sucre, donde la pluviosidad tiende a aumentar.

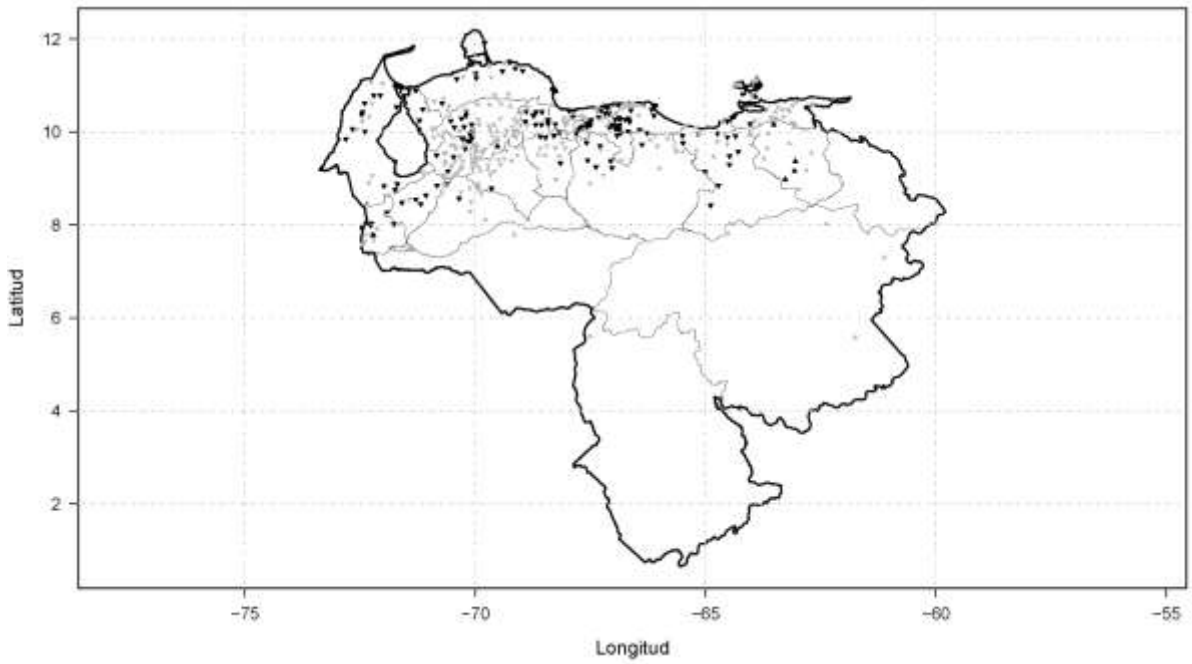


Figura 3. Tendencia de la precipitación anual en las estaciones indicadas en la Figura 1 para el periodo 1960-2005. Basado en la prueba de Mann-Kendall con un nivel de significancia α = 0.05: i) un triángulo negro (gris) dirigido hacia abajo indica una tendencia negativa y estadísticamente significativa (no significativa); ii) un triángulo negro (gris) dirigido hacia arriba indica una tendencia positiva y estadísticamente significativa (no significativa).

Para explorar si las condiciones anómalamente secas se distribuyen uniformemente a lo largo del año, se ajustaron los valores de la precipitación anual y estacional durante el periodo 1960-2005 a una línea recta; luego, se calculó la pendiente de esta última aplicando el método de Sen (Hess *et al.*, 2001). A escala anual, la pendiente resultó igual a -3.25 mm.año^{-1} [Figura 4(a)]; durante la temporada seca, 0.121 mm.año^{-1}[Figura 4(b)]; y en la

temporada húmeda, -1.796 mm.año^{-1} [Figura 4(c)]. Se puede notar que la disminución del monto de lluvia en la temporada húmeda favorece la pluviosidad anual decreciente; en efecto, la pendiente es casi 15 veces la correspondiente a la temporada seca; al comparar las Figuras 2(b) y 2(c), esta característica también es evidente.

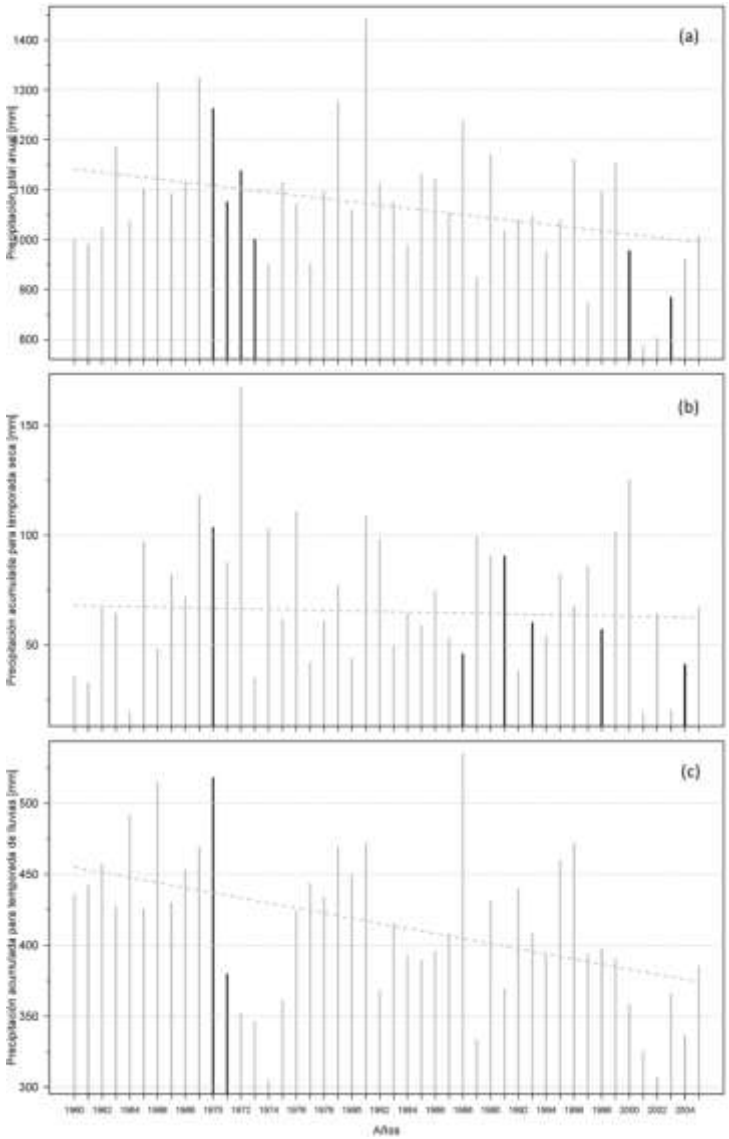


Figura 4. Precipitación promediada a partir de las estaciones indicadas en la Figura 1 para el periodo 1960-2005 considerando los meses: (a) enero hasta diciembre; (b) enero-febrero-marzo (temporada seca); (c) junio-julio-agosto (temporada de lluvias). El modelo lineal ajustado por el método de Sen se representa con una línea segmentada cuya pendiente en mm.año^{-1} es: (a), -3.253; (b), -0.121; y (c), -1.791. Las barras de color negro representan los puntos de cambios según la prueba secuencial de Mann-Kendall con un nivel de significancia $\alpha = 0.05$.

Puntos de cambios en la precipitación anual y estacional

En la Figura 4 se muestran los cambios de tendencia en las series de precipitación anual y estacional para el periodo 1960-2005. En el panel (a) de la Figura 4, se observa que entre 1970 y 1973 ocurre un cambio muy drástico en la tendencia de la precipitación anual; lo cual confirma la hipótesis derivada del análisis de la Figura 2(a). Desde 1960 hasta 1970 la precipitación anual tiende a aumentar. A partir de 1970, la aportación pluvial anual, promediada sobre el todo el país, decrece; aunque destacan dos cambios abruptos asociados con un decrecimiento e incremento pluvial en los años 2000 y 2003, respectivamente. La escasa lluvia en el año 2000 podría haber sido causada por un evento La Niña que persistió desde mediados del año 1998 hasta inicio del año 2001; en contraste, el súbito incremento pluvial del año 2003, tal vez, se relacione con un fuerte evento El Niño que evolucionó desde mediados del 2002 hasta el primer trimestre del 2003 (Peñaloza, 2014).

El cambio observado en la precipitación anual del sub-periodo 1970-73 se manifiesta en la temporada seca de 1970 y la temporada de lluvias de los años 1970 y 1971, lo cual significa que fue causado por un episodio seco muy persistente. Lo que sucede en los años 1970 y 1971 es relevante, pues ocurre el único cambio de tendencia dentro de la temporada de lluvia (junio-julio-agosto) [Figura 4(c)]. Por su parte, la temporada seca (enero-febrero-marzo), se caracteriza por presentar múltiples cambios en los años 1970, 1988, 1991, 1993, 1998 y 2004 [Figura 4(b)]. Estos resultados indican que la tendencia negativa encontrada en la precipitación anual a escala local (Figura 3), es atribuida a una disminución del total pluvial durante la temporada húmeda, iniciada en el sub-periodo 1970-73 y que afecta gran parte del norte del río Orinoco.

Análisis espacio-temporal de las sequías

La Figura 5 resume las salidas del análisis de tendencia aplicado a las series del índice SPI durante el periodo 1960-2005 considerando diferentes escalas temporales. Se observa una semejanza entre el patrón de tendencia de la precipitación anual (Figura 3) y el del índice SPI12 [Figura 5(a)]; sin embargo, este último muestra un claro aumento en el aporte pluvial sobre la depresión de los estados Lara, Yaracuy y Trujillo, la zona central del estado Cojedes y los estados Monagas y Sucre; aumento que viene acompañado de una tendencia inversa en el resto de las estaciones evaluadas (disminución). La discrepancia entre lo que se observa en las Figuras 3 y 5(a) se debe a que el índice SPI12 capta mejor la variabilidad

de la precipitación acumulada, ya que se basa en una suma móvil de 12 meses (McKee *et al.*, 1993).

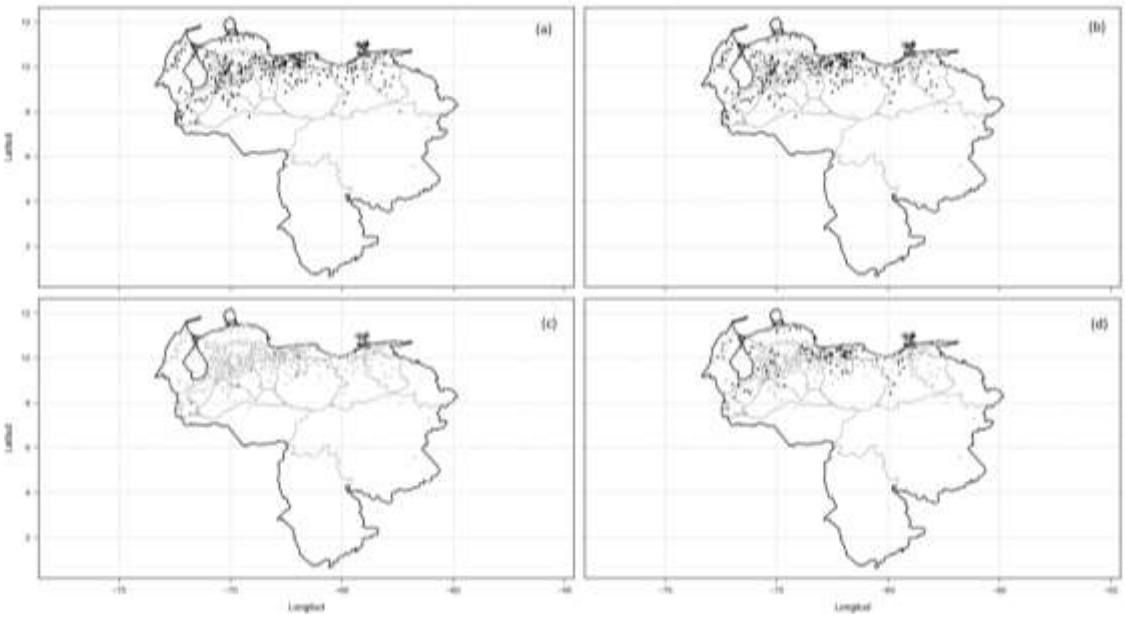


Figura 5. Igual que la Figura 3, pero representa: (a) SPI12; (b) SPI3; (c) SPI3 en marzo; y (d) SPI3 en agosto.

A diferencia de los resultados obtenidos en el análisis basado en la precipitación anual (Figura 3); los del índice SPI12 indican que en el 71% de las estaciones se observa una disminución significativa en el total pluvial anualizado ($\alpha = 0.05$; $n = 246$) [Figura 5(a)]; en cuanto al índice SPI3, esta tendencia se observa en el 63% de las estaciones analizadas ($\alpha = 0.05$; $n = 219$) [Figura 5(b)]. Estos resultados confirman que las rachas secas de larga duración (índice SPI12) y en menor grado, las de corta duración (índice SPI3), tienden a ser más intensas al norte del río Orinoco, pero se debilitan en algunas zonas semiáridas y áridas del territorio venezolano (ej., depresión Lara-Yaracuy-Trujillo).

Una característica poco evidente se infiere al contrastar las Figuras 5(b), 5(c) y 5(d). Note que el SPI3 para marzo (temporada seca dominante) muestra que 2% de las estaciones presentan una disminución significativa en el aporte pluvial estacional ($\alpha = 0.05$; $n = 8$). Para el SPI3 en agosto [Figura 5(d)], tal condición se observa en 31% de las estaciones. Este hallazgo refuerza el argumento, previamente expuesto durante el análisis de la Figura

4, de que los cambios en el aporte pluvial anualizado son causados por una merma en el aporte pluviométrico durante la temporada húmeda dominante (junio-julio-agosto).

La disminución del monto pluviométrico totalizado para el trimestre junio-julio-agosto no ha sido linealmente progresivo en el tiempo. Esto se evidencia al observar la Figura 6, la cual muestra el porcentaje de estaciones afectadas por condiciones secas en el periodo 1960-2005 (cuando SPI3 ≤ -1.5). Al observar la evolución de esta variable en marzo y agosto, se observa que ciertos episodios secos inciden solo en la temporada seca (ej., 1964), otros progresan hacia la temporada húmeda (ej, 1974), mientras que otros, son muy persistentes (ej., 2001-03). Esta pauta en el régimen de las lluvias sugiere que podría existir algún mecanismo físico que modula la actividad de las sequías en el territorio venezolano. Sin embargo, este aspecto esta fuera del alcance de éste artículo, por lo que se abordará en nuevas investigaciones.

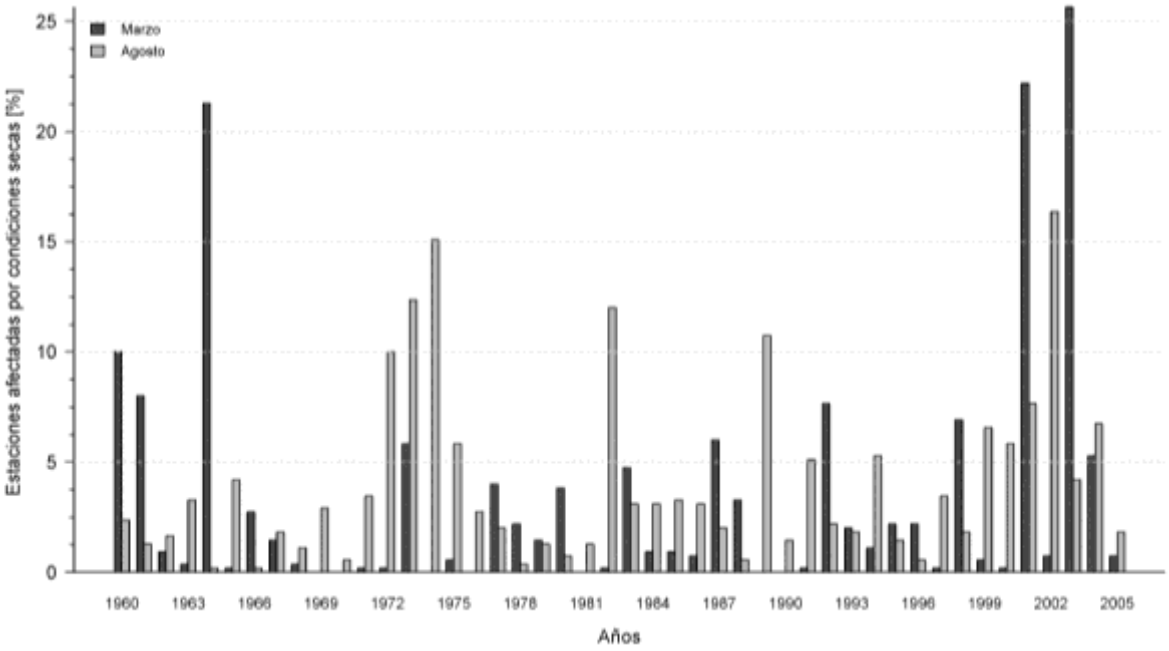


Figura 6. Para las estaciones indicadas en la Figura 1 se muestra el porcentaje afectado por una condición seca en marzo y agosto durante el periodo 1960-2005. Una condición seca ocurre cuando SPI3 ≤ -1.5. Marzo (Agosto) se asocia a la temporada seca (de lluvias).

Los cambios identificados en la precipitación, en particular durante la temporada de lluvias, evidencian una señal temprana de un cambio climático a mediados de la década de 1970, el cual favorece a que las regiones húmedas tiendan a ser más secas y en menor

grado, las regiones secas tiendan a ser más húmedas; es decir, en ciertas regiones del territorio venezolano, se manifiesta un cambio gradual en las pautas pluviométricas habituales. Esta hipótesis es consistente con las salidas de algunos modelos climáticos globales cuyas previsiones advierten de un incremento en la frecuencia e intensidad de las sequías en el corto plazo al norte de Suramérica (Vera *et al.*, 2006; Marengo *et al.*, 2009), impulsadas en gran medida por la intensificación del fenómeno El Niño – Oscilación del Sur (Collins *et al.*, 2010; Trenberth, 2015) e incremento de la variabilidad interanual en la temperatura superficial del mar al norte del Océano Atlántico (Tim y Guenni, 2015).

Es preocupante que la sequía afecte a la zona donde se localiza las principales tierras de cultivos bajo secano, dedicadas a forraje y con los embalses multipropósito más grandes del país (ej., Tiznados, Camatagua, Pao-Cahinche, entre otros). Aunque no se pueden controlar los forzantes climáticos de las sequías (ej., variabilidad climática), es posible formular políticas para que la población más vulnerable, se adapte a sus impactos (Wilhite, 2012).

Consideraciones Finales

La tendencia de la precipitación y las sequías locales en el territorio venezolano durante el periodo 1960-2005 fueron analizadas en detalle. Los hallazgos más relevantes son: (1) el aporte pluvial anualizado disminuye desde mediados de la década del 70; (2) la merma en el aporte pluvial anual es causada principalmente por la ocurrencia de lluvias deficitarias durante la temporada de lluvias; (3) las sequías concentran su incidencia al norte del río Orinoco, pero el aporte pluvial anual tiende aumentar en la depresión de los estados Lara, Yaracuy y Trujillo, la zona central del estado Cojedes y los estados Monagas y Sucre; (4) la persistencia de estas pautas pluviométricas pueden desencadenar severos impactos sobre los sectores agrícola, hídrico-industrial e hídrico-urbano.

Agradecimiento

Este estudio fue financiado por CAPES (26001012005P5 PNPD–UFAL/Meteorología, Brasil) y CAPES/CEMADEN/MTCI (projecto Análise e Previsão dos Fenômenos Hidrometeorológicos Intensos do Leste do Nordeste Brasileiro).

Referencias Bibliográficas

Alley, W. (1984). The Palmer drought severity index: limitations and assumptions. *J. Clim. Appl. Meteorol., 23(7)*: 1100-1109.

Bartle, A. (2002). Hydropower potential and development activities. *Energy Policy, 30(1*4): 1231-1239.

Charvériat, C. (2000). *Natural disasters in Latin America and the Caribbean: An overview of risk*. Inter-American Development Bank. Washington, EEUU. 104 pp.

Chassaigne-Ricciulli, A., Barrientos-Acosta, V. y Hernández-Jiménez, A. (2012). Obtención de una población de maíz para tolerancia a factores adversos en tres estados de Venezuela. *Bioagro, 24(3)*: 221-226.

Collins, M., An S., Cai W., Ganachaud, A., Guilyardi, E., Jin, F. & Vecchi, G. (2010). The impact of global warming on the tropical Pacific Ocean and El Niño. *Nature Geoscience, 3(6)*: 391-397.

Colotti, E., Cedeño, M. y Montañez, C. (2013). La sequía meteorológica y la variación de la superficie agrícola en la Isla de Margarita, estado Nueva Esparta, Venezuela período 1972-2004. *Terra Nueva Etapa, 29(45)*: 11-53.

Dahal, P., Shrestha, N., Shrestha, M., Krakauer, N., Panthi, J., Pradhanang, S. & Lakhankar, T. (2015). Drought risk assessment in central Nepal: temporal and spatial analysis. *Nat. Hazards, First online*: 1-20. DOI: 10.1007/s11069-015-2055-5.

Dai, A. (2013). Increasing drought under global warming in observations and models. *Nature Climate Change, 3(1)*: 52-58.

Delgado, A. y Castillo, R. (2011). Fuentes de riesgo para el cultivo del arroz en el estado Portuguesa, Venezuela. *Revista Unellez de Ciencia y Tecnología, 29*: 1-1.

Díaz, J. (1985). Caracterización climática de Venezuela. *Revista Geográfica, 102*: 7-16.

Foghin-Pillin, S. (2002). *Tiempo y clima en Venezuela: Aproximación a una geografía climática del territorio venezolano*. Instituto Pedagógico de Miranda José Manuel Siso Martínez, Subdirección de Investigación y Postgrado. 159 pp.

Garrido, A. & Shechter, M. (2014). *Water scarcity in Latin America and the Caribbean: Myths and reality. Water for Americas: Challenges and Opportunities*. Routledge. London, UK. 302 pp.

Guenni, L., Degryze, E. y Alvarado, K. (2008). Análisis de la tendencia y la estacionalidad de la precipitación mensual en Venezuela. *Revista Colombiana de Estadística, 31(1)*: 41-65.

Guevara, E. (2006). *The influence of El Niño phenomenon on the climate of Venezuela*. En: AGU Hydrology Days. Fort Collins, Colorado, USA: 20-22.

Guttman, N. (1998). Comparing the Palmer drought index and the standardized precipitation index. *J. Am. Water Resour. As., 34(1)*: 113-121.

Hayes, M., Svoboda, M., Wall, N., Widhalm, M. (2011). The Lincoln declaration on drought indices: universal meteorological drought index recommended. *B. Am. Meteorol. Soc., 92(4)*: 485-488.

Heim, R. (2002). A review of twentieth-century drought indices used in the United States. *B. Am. Meteorol. Soc., 83(8)*: 1149-1165.

Hess, A., Iyer, H. & Malm, W. (2001). Linear trend analysis: a comparison of methods. *Atmos. Environ., 35(30)*: 5211-5222.

Hipel, K. & McLeod, A. (1994). Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems. Elsevier, Amsterdam. 1012 pp.

Kendall, M. (1975). Rank correlation methods. Charles Griffin, London. 202 pp.

Keyantash, J. & Dracup, J. (2002). The quantification of drought: an evaluation of drought indices. *B. Am. Meteorol. Soc., 83(8)*: 1167-1180.

Kim, D., Byun, H., Choi, K. (2009). Evaluation, modification, and application of the Effective Drought Index to 200-Year drought climatology of Seoul, Korea. *J. Hydrol., 378(1)*: 1-12.

Lobo, D., Rey, J., Gabriels, D., Cortez, A., Rodríguez, M., Ovalles, F. y Parra, R. (2010). Análisis de la agresividad y concentración de las precipitaciones en Venezuela.: I. Región de los Llanos. *Bioagro, 22(3)*: 169-176.

Marengo, J., Jones, R., Alves, L. & Valverde, M. (2009). Future change of temperature and precipitation extremes in South America as derived from the PRECIS regional climate modeling system. *J. Climatol., 29(15)*: 2241-2255.

Marmol, J. (1994). Consideraciones para la selección y manejo de especies tolerantes a la sequía. *Revista de la Facultad de Agronomía, 11(2)*: 164-173.

Martelo, M. (2002). *Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. Maracay. 75 pp.

McKee, T., Doesken, N. & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (Vol. 17, No. 22, pp. 179-183). Boston, MA, USA: American Meteorological Society.

Mendoza, N. y Puche, M. (2014). Evaluación de la ocurrencia de sequía en localidades de Venezuela. *Revista de la Facultad de Agronomía, 24(4)*: 661-678.

Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales [MARN]. (2005). *Primera Comunicación Nacional en Cambio Climático de Venezuela*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Fondo Mundial para el Medio Ambiente. Fundambiente. Caracas, Venezuela. 120 pp.

Mishra, A. & Singh, V. (2010). A review of drought concepts. *J. Hydrology, 391(1)*: 202-216.

Núñez, J., Rivera, D., Oyarzún, R. & Arumí, J. (2014). On the use of Standardized Drought Indices under decadal climate variability: Critical assessment and drought policy implications. *J. Hydrology, 517*: 458-470.

Núñez, J., Verbist, K., Wallis, J., Schaefer, M., Morales, L. & Cornelis, W. (2011). Regional frequency analysis for mapping drought events in north-central Chile. *J. Hydrol., 405(3)*: 352-366.

Ortega, L., Ward, R. & Andrew, C. (2007). Technical efficiency of the dual-purpose cattle system in Venezuela. *Journal of Agricultural and Applied Economics, 39(03)*: 719-733.

Paredes, F., Millano, J., y Guevara, E. (2008). Análisis espacial de las sequías meteorológicas en la región de Los Llanos de Venezuela durante el período 1961-1996. *Revista de Climatología, 8*: 15-27.

Paredes, F., Alvez, H. y Guevara, E. (2015). Análisis espacial y temporal de las sequías en el nordeste de Brasil. *Agriscientia, 32(1)*: 1-14.

Paredes, F., La Cruz, F. & Guevara, E. (2014). Regional frequency analysis of meteorological droughts in the largest cereals producing region of Venezuela. *Bioagro, 26(1)*: 21-28.

Peñaloza, M. (2014). El Fenómeno de EL NIÑO en la Historia de Venezuela. En: Simposio Anual del Grupo Venezolano de Sociología e Historia de la Ciencia, Resumen extendido: LXIV Convención Annual de AsoVAC, Caracas-Venezuela, p. 1/38.

Poveda, G. & Mesa, O. (1997). Feedbacks between hydrological processes in tropical South America and large-scale ocean-atmospheric phenomena. *J. Climate, 10(10)*: 2690-2702.

Poveda, G., Waylen, P. & Pulwarty, R. (2006). Annual and inter-annual variability of the present climate in northern South America and southern Mesoamerica. *Palaeogeogr. Palaeocl., 234(1)*: 3-27.

Pulwarty, R., Barry, R. & Riehl, H. (1992). Annual and Seasonal Patterns of Rainfall Variability over Venezuela. *Erdkunde, 46*: 273-289.

Quiroz, I. y Paredes, F. (2015). Características espaciales y temporales de las sequías en el estado Cojedes durante el período 1950-2005. *Agrollanía, 12*: 56-60.

Rodríguez-Betancourt, R. y González-Aguirre, J. (2000). *El manejo de los recursos hídricos en Venezuela*. Instituto Internacional del Manejo del Agua, 18: 40 pp.

Soto, M., Florio, J., Tremont, O., Fuenmayor, A., Pérez, N. y Sánchez, E. (2009). Caracterización forrajera y uso de la tierra en fincas doble propósito en Barinas, Venezuela. *Multiciencias, 9(2)*: 126-132.

Steinemann, A. (2006). Using climate forecasts for drought management. *J. Appl. Meteorol. Clim., 45(10)*: 1353-1361.

Takamiya, K. & Tsutsui, H. (2000). Rice and irrigation in Latin America. *Rural and Environmental Engineering*, (38): 5-19.

Tim, N. & De Guenni, L. (2015). Oceanic influence on the precipitation in Venezuela under current and future climate. *Climate Dynamics (on line):* 1-24.

Torgo, L. (2010). Data Mining with R: learning by case studies. Taylor & Francis. Boca Raton, FL, USA, 305 pp.

Trenberth, K. (2015). Has there been a hiatus. *Science, 349(6249)*: 691-692.

Urdaneta, F., Peña, M., González, B., Casanova, Á., Cañas, J. y Dios-Palomares, R. (2010). Eficiencia técnica en fincas ganaderas de doble propósito en la cuenca del lago de Maracaibo, Venezuela. *Revista Científica, 20(6)*: 649-658.

Vera, C., Silvestri, G., Liebmann, B. y González, P. (2006). Climate change scenarios for seasonal precipitation in South America from IPCC-AR4 models. *Geophys. Res. Lett., 33(13)*: L13707

Vicario, L., García, C., Teich, I., Bertoni, J., Ravelo, A. y Rodríguez, A. (2015). Caracterización de las sequías meteorológicas en la región central de la Argentina. *Tecnología y Ciencias del Agua, 6(1)*: 153-165.

Vicente-Serrano, S., Beguería, S., López-Moreno, J. (2010). A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index. *J. Climate, 23(7)*: 1696-1718.

Walter, H. y Medina, E. (1971). Caracterización climática de Venezuela sobre la base de climadiagramas de estaciones particulares. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, 29(119-129)*: 211-240.

Wilhite, D. (2012). *Drought Assessment, Management, and Planning: Theory and Case Studies: Theory and Case Studies* (Vol. 2). Springer Science & Business Media. New York, NY. 293 pp.

Wilhite, D. & Glantz, M. (1985). Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water Int., 10(3)*: 111-120.

Yang, Y. y Tian, F. (2009). Abrupt change of runoff and its major driving factors in Haihe River Catchment, China. *J. Hydrology, 374(3)*: 373-383.

CAPÍTULO 3

LA INVESTIGACIÓN ACCIÓN PARTICIPATIVA: UNA PRÁCTICA REFLEXIVA SOCIAL EN LA FORMACIÓN AMBIENTAL UNIVERSITARIA

(THE INVESTIGATION PARTICIPATIVE ACTION: A REFLECTIVE SOCIAL PRACTICE IN THE UNIVERSITY ENVIRONMENTAL TRAINING)

Yarith C. Navarro E.[1]**, Carmen Cecilia Pineda**[2]

[1]Dra. en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[2]Dra. en Educación. Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

RESUMEN

En un momento de cambio global como el que se vive actualmente, la educación como agente de socialización y de formación de actitudes críticas debe contribuir a contrarrestar los efectos negativos de la globalización fomentando en los diversos grupos poblacionales un cambio significativo que alude al cultivo de valores, sensibilización y formación de actitudes armoniosas con la naturaleza, que permita el tránsito hacia niveles de desarrollo sustentables y una calidad de vida digna y equitativa. En tal sentido, es necesario el paso de un modelo educativo tradicional a otro que contemple un proceso de cambio que debe ser impulsado desde la propia práctica docente. En esta línea, han surgido modelos valiosos, entre los cuales se resalta el de la Investigación Acción Participativa. A partir de esta concepción el objetivo de este trabajo es promover la investigación acción participativa como una estrategia que propicia la reflexión social en el proceso de formación ambiental universitaria. Desde la perspectiva crítica, reflexiva y dialógica que debe contener el proceso educativo en la formación del saber ambiental en las universidades, la investigación-acción viene a generar acciones que permiten conocer otras maneras de abordar el proceso de investigación con una visión humana, socio crítica e interpretativa de la ciencia, valorando la filosofía de la cotidianidad de los actores sociales, y traspasando las fronteras del salón de clase. En este trabajo se ilustran cuatro (4) fases a través de las cuales puede realizarse investigación acción participativa en cualquier escenario comunitario o universitario, dichas fases son: diagnóstico participativo, planificación, ejecución y evaluación. Como consideraciones finales se destaca: La IAP constituye una vía para el mejoramiento de la calidad de la educación, la profesionalización de los docentes y para propiciar el cambio del modelo educativo tradicional en las instituciones educativas entre ellas las universidades.

Palabras clave**:** *investigación, acción, praxis, social, participativa.*

SUMMARY

In a moment of global change such as the one we are currently experiencing, education as an agent of socialization and formation of critical attitudes must contribute to counteract the negative effects of globalization by promoting in the various population groups a significant change that refers to the cultivation of values , sensitization and the formation of harmonious attitudes with the nature, that allows the transit towards sustainable levels of development and a decent and equitable quality of life. In this sense, it is necessary to move from a traditional educational model to another that contemplates a process of change that must be driven from the teaching practice itself. In this line, valuable models have emerged, among which the Participatory Action Research is highlighted. From this conception the objective of this work is to promote participatory action research as a strategy that fosters social reflection in the university environmental training process. From the critical, reflective and dialogic perspective that the educational process must contain in the formation of environmental knowledge in universities, action research is generating actions that allow us to know other ways of approaching the research process with a human, critical partner vision and interpretative of science, valuing the philosophy of everyday social actors, and crossing the boundaries of the classroom. This paper illustrates four (4) phases through which participatory action research can be carried out in any community or university setting. These phases are participatory diagnosis, planning, implementation and evaluation. Final considerations include: The IAP is a way to improve the quality of education, the professionalization of teachers and to promote the change of the traditional educational model in educational institutions, including universities.

Keywords: *research, action, praxis, social, participatory*.

Introducción

La Investigación Acción Participativa (IAP) fue propuesta por el psicólogo alemán Kurt Lewin (1946) como una actividad emprendida por grupos o comunidades con el objeto de modificar sus circunstancias de acuerdo con una concepción compartida de los valores humanos. Para Novo (2012), “es una práctica reflexiva social en la que no hay distinción entre la práctica sobre la que se investiga y el proceso de investigar sobre ella” (p. 199). Este tipo de enfoque constituye una vía para el mejoramiento de la calidad de la educación, la profesionalización de los docentes y para propiciar el cambio educativo en las instituciones educativas.

En Latinoamérica la IAP se desarrolla en los años 70, al respecto Sandín, citado por Soto (2012), “sostiene que en el paradigma socio-crítico, ontológicamente la realidad es compartida, histórica, construida, dinámica y divergente; que los hechos están impregnados

de valores e ideologías y las relaciones de poder determinan los comportamientos de aceptación de patrones de dominación". (p.22).

Otra definición la aporta Elliot (1989), citado por Novo (ob. cit), donde se refiere a la investigación acción como el estudio de una situación social con el fin de mejorar la calidad de acción dentro de la misma. Es decir, que en este tipo de investigación, las teorías no se hacen válidas de forma aislada, para aplicarse después a la práctica; se hacen válidas por medio de la práctica.

En este orden de ideas, Latorre (2003), define a la investigación acción como:

> Una modalidad metodológica de las ciencias sociales, asumida conscientemente por los sectores sociales hasta ahora marginados del saber dominante, para conocer su propio acontecer, generar teorías y técnicas capaces de concretar y desarrollar la capacidad de producir conocimientos, bienes y servicios para ponerlos a la disposición de la colectividad en la perspectiva de la transformación de la realidad objeto de estudio (p.83).

En los planteamientos de los autores antes citados existe coincidencia cuando expresan que la investigación acción se centra en la resolución de un problema, por ser un método de investigación cualitativo que busca la transformación o cambio de una realidad objeto de estudio, partiendo de una concepción social y científica holística, pluralista e igualitaria, fundamentada en la teoría crítica. En esta concepción a los seres humanos se les ve en su propia realidad, en la que participan a través de su experiencia, su imaginación e intuición, sus pensamientos y su acción.

De esta forma, la investigación acción puede conllevar a la modificación de una realidad, como parte el proceso investigativo donde los actores sociales intervinieron en la generación de su propio conocimiento y en la sistematización de su experiencia. Hay que hacer notar que este método de investigación de acuerdo a lo planteado por Rodríguez, (1996):

> Combina la participación con la investigación, superando de esta forma los procedimientos tradicionales, se acentúa el compromiso político desde una posición crítica emancipadora, se potencia el carácter educativo de la investigación y la necesidad de devolver lo investigado a la población como medio de empoderamiento; todo ello desde una perspectiva comunitaria (p.123).

De esta forma, es importante señalar que la investigación acción como estrategia metodológica aplicada a la educación, se basa en la posibilidad de ir observando, a través

de instrumentos diversos y momentos compartidos, los resultados de la acción docente, con el fin de introducir en el proceso las correcciones y acciones necesarios para llevarlo a buen fin. Además supone una indagación reflexiva por parte de los actores sociales acerca de su propia experiencia, con el objeto de identificar aquellas situaciones problemáticas que se desean cambiar, en este sentido no se trata sólo de identificar problemas teóricos, sino cotidianos, vividos como tales por los docentes, estudiantes y trabajadores, que puedan ser resueltos a través de soluciones prácticas, por lo tanto constituye un requisito para dar comienzo a una investigación-acción participativa, la constitución del grupo y la identificación de necesidades, problemas o centros de interés.

De acuerdo a lo planteado por Novo (ob. cit). "El procedimiento de la IAP se enmarca dentro de una visión sistémica del hecho educativo" (p.199). Es decir, se trata de:

- Identificar una situación problemática que interese a los estudiantes y sirva como proyecto educativo.
- Formular estrategias y seguirlas (planificar y actuar).
- Investigar sobre los efectos de nuestras acciones educativas (evaluarlos).
- Confrontar los resultados de las investigaciones con la situación real y con las metas que se quieren alcanzar en el proceso.
- Introducir las modificaciones necesarias, en la etapa siguiente, para irnos aproximando a la consecución de los fines propuestos.
- Cambiar, los fines o metas previstas, cuando se constate que no son adecuados a las expectativas y posibilidades del alumnado.

Este trabajo se sustenta en las cuatro (4) fases de la IAP propuestas por Colas y Buendía (1994) descritas a continuación: primera fase: diagnóstico participativo, segunda fase: Planificación, tercera fase: Ejecución, cuarta fase: Evaluación

Reflexiones ontológicas y epistemológicas desde la Investigación Acción Participativa en el proceso de formación ambiental universitaria

La ontología significa el estudio del ser humano, es una rama de la filosofía que aborda la naturaleza del ser, la existencia y la forma como construye y reconstruye su realidad social. Realidad que es dinámica y cambiante y puede interpretarse desde la óptica de cada sujeto, tratando de determinar las categorías fundamentales y las relaciones del "ser en cuanto ser".

Se considera que el conocimiento de la realidad viene dado por la participación de sus actores sociales involucrados y se construye a partir de la interacción entre todos ellos, es por lo tanto intersubjetiva y pluralista. Los elementos humanos que involucra la investigación acción son heterogéneos y existen puntos de vista o interpretaciones diferentes de la realidad, cuya percepción dependerá de contexto social de cada individuo. Esta concepción del objeto de estudio incluye un carácter social, representado, lógicamente, por el elemento humano que forma parte, bien sea como planificador, ejecutor de un procedimiento o generador de soluciones al problema ambiental.

En virtud de lo antes planteado, Habermas (1982), destaca que la ciencia social crítica busca hacer a los seres humanos más conscientes de sus propias realidades sociales, ambientales, económicas, culturales y políticas, más críticos de sus posibilidades y alternativas, más confiados en su potencial creador e innovador, más activos en la creación de sus propias vidas. Es decir, pretende que los individuos sean seres humanos autorrealizados; sin embargo, es consciente de su función y, por tanto, trata al mismo tiempo de respetar su libertad y que sean ellos los forjadores de su propio destino.

En tal sentido, develando las ideas del autor antes citado, se debe comprender que se ha llegado al momento histórico en que la situación ambiental planetaria demanda la toma de conciencia, proteger el ambiente es un desafío urgente de los seres vivos, esto debe incluir la preocupación de unir a toda la familia humana en la búsqueda de soluciones a la problemática ecológica provocada a grandes escalas por la actividad descontrolada e inconsciencia del ser humano.

De esta forma, la formación ambiental universitaria implica interacciones entre diferentes actores sociales que se ubican en posiciones intersubjetivas asociadas a niveles de conocimiento, posición política, ideología, intereses socioeconómicos, cultura, nivel de concienciación, responsabilidades institucionales o privadas y aspectos legales y desenvolvimiento de las diferentes instituciones del estado, con competencias que involucran las actuaciones en el ámbito ambiental.

En este orden de ideas, la ontología de un nuevo paradigma incluye sujeto y realidad en un mismo escenario, donde la conciencia se dirige hacia la comprensión de su propia existencia a través del conocimiento del individuo y de la sociedad. Así pues, desde una perspectiva crítica, el problema surge de la situación real y su objetivo es transformar esa

realidad con la finalidad de mejorar los grupos o individuos de un contexto social determinado. De este modo, en todo proceso investigativo es necesario que se forme un clima de fraternidad, compromiso y comprensión de los conflictos y problemas para que pueda ocurrir la transformación de la realidad.

En virtud de lo antes planteado, se recomienda que el proceso de edificación del conocimiento hacia la formación ambiental universitaria se realice desde la cosmovisión del constructivismo crítico o dialéctico, el cual se sustenta en la teoría crítica, la cual concibió una nueva forma de leer la realidad, capaz de responder a las problemáticas sociales del mundo moderno. Sus postulados expresan que los seres humanos son capaces de construir a través del sentido crítico y la dialéctica su propio conocimiento desde la interacción con el entorno, sociedad y comunidad.

Al abordar una realidad el investigador social asume una postura epistemológica desde la cual explica cómo va a aprehender el conocimiento de la misma y como verá la dinámica social tal cual se presenta, por tanto surge una acción recíproca entre el investigador y los actores sociales del contexto en estudio, la cual debe sustentarse en el entendimiento mutuo (diálogo), respeto y horizontalidad.

Bajo estos preceptos, que orientan el proceso de construcción del conocimiento en la vía de identificar los hallazgos para una investigación, cimentada en el paradigma sociocrítico como concepción epistemológica que afirma “el investigador debe ser capaz de generar conocimientos a través de su relacional con los actores sociales; es decir, producir conocimiento desde la interacción, diálogo y observación a efectos de propiciar la interpretación y transformación de la realidad” (Pineda, 2010; p. 32).

De acuerdo a lo planteado y para fundamentar la postura epistemológica, asociada a la ontología del fenómeno en estudio, la realidad debe ser asumida desde el complejo entramado de relaciones socio culturales de sus actores, sus procesos pluriculturales, la cual es de gran valor dado que la presencia arraigada de varias culturas en un mismo lugar enriquecerá al entorno en materia de conocimientos, creencias, usos, costumbres, ritos, mitos y leyendas, entre otras.

El Paradigma Socio critico

La metodología cualitativa es concebida por Martínez (2006), como aquella que "estudia un todo integrado que forma o constituye primordialmente una unidad de análisis y que hace que algo sea lo que es: una persona, una entidad étnica, social, o un producto determinado" (p.66). Desde este punto de vista la investigación cualitativa se centra en identificar la naturaleza profunda de las realidades y su estructura dinámica.

En este sentido, el método de la Investigación Acción Participativa, se circunscribe al paradigma socio-crítico. Para Sandín, citado por Soto (2012), "sostiene que en el paradigma socio-crítico, ontológicamente la realidad es compartida, histórica, construida, dinámica y divergente; que los hechos están impregnados de valores e ideologías y las relaciones de poder determinan los comportamientos de aceptación de patrones de dominación". (p.22).

Es importante destacar, que el paradigma socio-crítico se centra en el análisis y la crítica de la realidad para que se produzcan los cambios si son necesarios. Se apoya en la crítica social con un marcado carácter autorreflexivo. Considera que el conocimiento se construye siempre por intereses que parten de las necesidades de los grupos y pretende la autonomía racional y liberadora del ser humano. Esto se consigue mediante la capacitación de los sujetos para la participación y transformación social.

Para Habermas (1982) citado por Martínez (ob. cit), la ciencia social crítica busca hacer a los seres humanos más conscientes de sus propias realidades, más críticos de sus posibilidades y alternativas, más confiados en su potencial creador e innovador, más activos en la transformación de sus propias vidas, en una palabra, más autorrealizados como tales; sin embargo, es consciente de su función y, por tanto, trata al mismo tiempo de respetar su libertad y de ayudarlos pero no sustituirlos en sus decisiones, para que sean ellos los forjadores de su propio destino.

Lo anterior, conlleva a afirmar que el proceso de formación ambiental universitaria es una realidad que conviene estudiar a través del método de la IAP, caracterizada por un conjunto de normas y procedimientos metodológicos que se utilizan para obtener conocimientos sobre una determinada realidad colectivamente, que se sistematizan y tiene utilidad social, es una actividad integral, que combina la investigación social, el trabajo educativo y la acción. (De Miguel citado por Soto, 2012).

De esta manera a continúan se exponen algunos elementos que justifican la elección del método de la investigación acción participativa para abordar procesos de formación ambiental universitaria:

- El problema a estudiar debe emerger en la comunidad de aprendizaje.
- El objetivo fundamental de la investigación es transformar para lograr el cambio social, en procura de que la comunidad de aprendizaje mejore su calidad de vida, por lo que los beneficiarios están íntimamente implicados, todos los actores sociales se asumen como investigadores.
- Los sujetos investigados participan activamente en el planteamiento del problema, esto les permite concienciarse sobre sus propias habilidades, debilidades y recursos con los que cuentan.

Fases de la Investigación Acción Participativa a considerar en el proceso de formación ambiental universitaria

Hernández, Fernández y Baptista, (2010), citan a Álvarez-Gayou, 2003; Merriam (2009), estableciendo que la finalidad de la investigación-acción consiste en resolver problemas cotidianos e inmediatos y mejorar prácticas concretas. Su propósito fundamental se centra en aportar información que oriente la toma de decisiones para programas, procesos y reformas estructurales.

Por su parte Sandín (2003), señala que la investigación-acción pretende, esencialmente, "propiciar el cambio social, transformar la realidad y que las personas tomen conciencia de su papel en ese proceso de transformación" (p.161). Elliot (1991), citado por Hernández, Fernández y Baptista (ob. cit), considera a la investigación-acción "como el estudio de una situación social con miras a mejorar la calidad de la acción dentro de ella" (p.510).

Al hacer referencia, a la IAP, Mertens (2003), señala que debe involucrar a los miembros del grupo, escenario comunitario o comunidad de aprendizaje en todo el proceso del estudio (desde el planteamiento del problema hasta la elaboración del reporte) y la implementación de acciones, producto de la indagación. Este tipo de investigación vincula a la experticia del investigador o investigadora con los conocimientos prácticos, vivencias y habilidades de los participantes. Es importante destacar, que cuando se emplean este método de investigación-acción, el investigador y los participantes necesitan interactuar de manera constante con los datos.

La investigación acción de acuerdo a lo planteado por Villasante, Montanés y Martí (2000), propicia procesos instituyentes en los que los actores sociales aportan, tras procesos reflexivos, soluciones a sus problemas. Representa un proceso a través del cual los sujetos investigados participan activamente en el problema identificado. Esta metodología fue para Lewin (1946), citado por Martínez (ob. cit), una forma de investigación y acción, una especie de "ingeniería social", una investigación comparativa acerca de las condiciones y de los efectos de varias clases de acción social; es decir, una investigación que conducía a la acción.

Para Colás y Buendía (1994), el proceso de Investigación Acción Participativa responde a una serie de fases que consisten en:

Primera fase: Diagnóstico participativo

Consiste en la identificación de la problemática, establecimiento de prioridades y responsabilidades. Esta reflexión preliminar se realiza a través de la observación participativa y la entrevista semiestructurada en la que participan los actores sociales de la realidad estudiada.

Segunda fase: Planificación

Esta fase parte del diagnóstico participativo, el cual arroja prioridades puntuales que permitirán realizar el plan de acción integrador sustentado en actividades de carácter académico dirigidas a estudiantes, docentes y personal del campus universitario.

Tercera fase: Ejecución

Esta fase se corresponde con el desarrollo actividades socio educativas que contempla el plan de acción.

- Coloquios, charlas informativas, talleres de formación, jornadas de sensibilización, entrega de material informativo, pancartas, murales, foro ambiental y juegos recreativos ecológicos.
- Interacción permanente con docentes, estudiantes y demás actores de la comunidad de aprendizaje.

Cuarta fase: Evaluación

Esta fase se aborda desde la valoración de las vivencias del proceso de investigación, implica esencialmente la fase de ejecución. La valoración se sustenta en el análisis crítico a la observación realizada por el investigador, a las actividades descritas anteriormente. Un aspecto importante a sugerir en investigaciones referidas a la formación ambiental universitaria es que consideren dos (2) planos que se incorporan a la fase de evaluación como lo son:

- Plano interno-reflexivo y valorativo-vivencial. Este se expresa a través del análisis de los juicios y criterios valorativos donde se manifieste la elaboración personal de los actores sociales de la comunidad de aprendizaje, respecto a las tareas, funciones y sus roles en las actividades.
- Plano comportamental. Se evidencia en las transformaciones que se dan en las actitudes de los actores sociales y en los cambios en su modo de actuación que se manifiesta en el protagonismo alcanzado, en la participación, nivel de satisfacción en el cumplimiento y en la ejecución de las tareas así como en la responsabilidad asumida, entre otros elementos.

Esta fase puede contener diversas variantes de evaluación entre ellas se sugieren las siguientes:

La coevaluación: es una evaluación cooperativa y solidaria de los diferentes miembros del grupo y está dirigida a aquellos aspectos positivos de la conducta deseada, valorando las potencialidades y logros alcanzados por los sujetos implicados.

La heteroevaluación: es la valoración que hace el facilitador o docente acerca de los cambios y las transformaciones ocurridas en los sujetos, apreciando la efectividad de las acciones educativas desarrolladas.

La autoevaluación de los propios sujetos de la investigación que tiene como punto de partida la valoración que hace cada uno de ellos sobre su participación y transformación, a partir de la situación precedente, la actual y lo aspirado.

La figura 1 que a continuación se ilustra representa las cuatro (4) fases de la IAP descritas anteriormente.

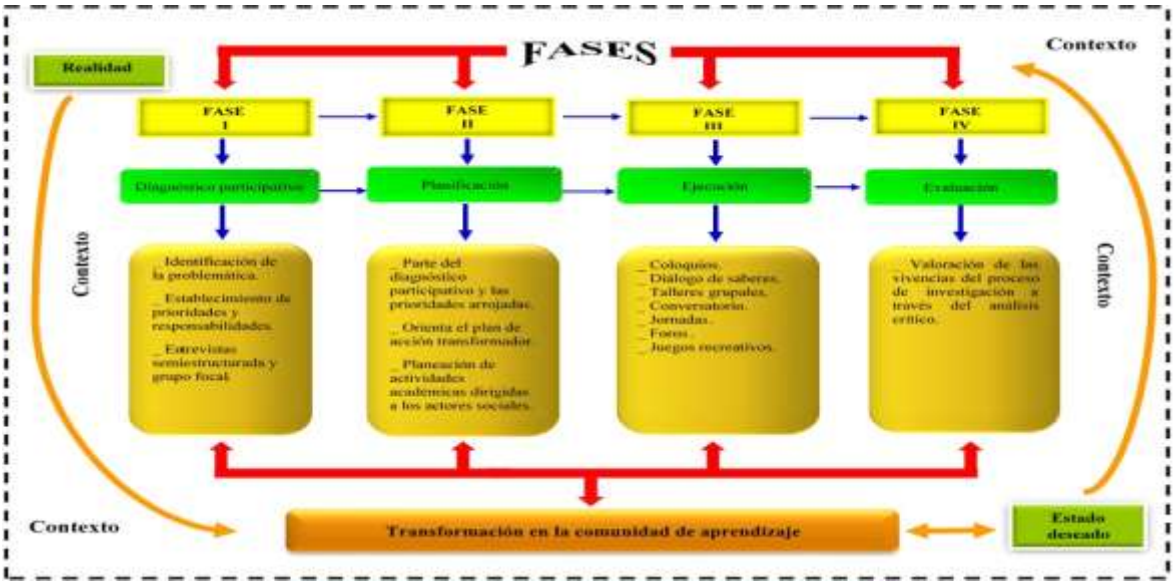


*Figura 1***.** Fases de la Investigación Acción Participativa.
Elaboración Propia.

Procedimientos e instrumentos de recolección de información empleados por la IAP en el proceso de formación ambiental universitaria

La investigación cualitativa ofrece resultados y sugerencias para instituir cambios en una institución pública o privada, grupos sociales, comunidades e instituciones educativas, requiere a su vez de investigadores que perciban la realidad natural y compleja que se estudia. Al respecto, Martínez (1996), menciona que el método escogido en la investigación direcciona los procedimientos y estrategias con sus respectivos instrumentos para la recolección de la información necesaria y suficiente, se pueden realizar mediante la observación directa o participativa y define que las principales técnicas son la entrevista coloquial o dialógica, la encuesta o el cuestionario y el autoreportaje, y que aunque considera que la entrevista y la observación son las técnicas más utilizadas los procedimientos no son excluyentes, sino que se pueden integrar en la práctica.

De modo que para llevar adelante un proceso de investigación acción y formación ambiental universitaria, se requiere la utilización de un amplio instrumental como el que se describe seguidamente:

Observación participativa

Es una de las técnicas más empleadas por los investigadores cualitativos para recoger la información partiendo del contexto y de situaciones reales de manera fidedigna ajena a

juicios valorativos. El investigador debe interactuar con las personas o grupos a estudiar, compartiendo costumbres y estilos de vida ganándose la aceptación y confianza, empleando para ello las notas de campo en el contexto o lugar de los hechos. Para Boffelli (2006):

> Esta técnica se fundamenta en el hecho de que hace más fácil comprender por qué actúan como lo hacen los sujetos, sus experiencias y procesos mentales si hay convivencia personal del investigador con la institución que se investiga. Implica un proceso de comunicación en el cual puede haber influencia entre los actores o entre entrevistados y entrevistador (p.56).

Entrevista semiestructurada

La entrevista "adopta la forma de un diálogo coloquial o entrevista semiestructurada" (Martínez, ob.cit, p. 93). Su propósito es obtener descripciones del contexto de los entrevistados, a efectos de realizar interpretaciones fidedignas. Es una técnica cualitativa que permite obtener información, mediante una conversación profesional, con una o varias personas para contribuir en el diagnóstico de la situación.

En este sentido, el objetivo de las entrevistas semiestructuradas en el marco de la formación ambiental universitaria permite comprender las perspectivas y experiencias de las personas, se busca encontrar lo que es importante y significativo para los informantes y revelar acontecimientos y dimensiones subjetivas de las personas tales como: pensamientos, creencias y valores entre otros. Específicamente en la temática de estudio esta técnica implica siempre un proceso de comunicación donde ambos actores, entrevistador y entrevistado, pueden influirse mutuamente, aun existiendo una serie de preguntas preestablecidas que permitieron centrar al entrevistado en la temática.

Grupo focal

Autores como Martínez (ob. cit), definen al grupo focal "como un método de investigación colectivista, más que individualista, y se centra en la pluralidad y en la variedad de las actitudes, las experiencias y las creencias de los participantes..." (p. 170). Esta técnica se enmarca dentro de la investigación socio-cualitativa, se caracteriza por trabajar con instrumentos de análisis que busca interpretar los fenómenos en profundidad y detalle, para dar cuenta de comportamientos sociales y prácticas cotidianas. El objetivo fundamental del grupo focal, según el autor citado es "...alcanzar o lograr el

descubrimiento de una estructura de sentido compartida, si es posible consensualmente o, en todo caso, bien fundamentada por los aportes de los miembros del grupo". (p. 175).

En procesos de formación ambiental universitaria, el grupo focal se realiza a través de una reunión con actores sociales de la comunidad de aprendizaje, se establece el tema central y se procede a integrar las opiniones de como los actores visualizan a la formación ambiental en el campus universitario, se considera a esta técnica como una oportunidad que brinda a un grupo la oportunidad de valorar el cambio propuesto desde diversas aristas y se convierte en un punto de partida para las acciones a implementar.

Martínez (ob. cit), plantea que "los instrumentos son procedimientos y estrategias que se emplean para obtener, registrar o almacenar información, en la selección de estos instrumentos va a influir el método de investigación escogido" (p.87). En este tipo de investigaciones se emplean: notas de campo, grabaciones sonoras, videos y registros fotográficos.

Rigor y calidad científica de la IAP en el proceso de formación ambiental universitaria

La realidad social en la investigación cualitativa depende del contexto, por lo tanto, sus resultados no son ni generalizables ni repetibles. Al respecto, Gurdián (2007), plantea que "la calidad de una investigación socio-educativa está determinada, en gran medida, por el rigor metodológico con que se realizó" (p.242). En el caso concreto de investigaciones referidas a temas de formación ambiental y otras investigaciones sociales los criterios que permiten evaluar el rigor y la calidad científica son: credibilidad, la transferibilidad y la confirmabilidad.

De esta forma, la credibilidad se logra cuando los hallazgos del estudio son reconocidos como verdaderos por las personas que participaron en el estudio y por aquellas que han experimentado o estado en contacto con el fenómeno investigado. En investigaciones sociales, la transcripción del material (entrevistas) lo realiza el o la investigador (a), tal cual como fue narrada por los informantes. Después de ser grabada, bajo consentimiento y autorización, el siguiente paso consiste en desgravarla y transcribirla al computador. Este criterio permite confirmar los hallazgos y revisar algunos datos particulares, en ocasiones recurriendo a las y los participantes durante la recolección y análisis de la información.

Otro criterio que aporta rigor metodológico es la confirmabilidad, el cual hace referencia a la habilidad de otros investigadores de seguir la pista de lo que la investigadora o el investigador original hicieron. Para lo cual requiere apoyarse en una bitácora o registro detallado y toda la documentación de las decisiones e ideas que los investigadores han tenido antes, durante y después del proceso investigativo, es decir en las etapas pre-activa, activa y post-activa del estudio. Esta estrategia permite que otra persona examine los datos y llegue a las mismas conclusiones, lógicamente, siempre y cuando la investigadora o el investigador original y la persona que los re-examine, tengan perspectivas y posiciones similares.

El tercer criterio es la transferibilidad y éste se refiere a la posibilidad de extender los resultados del estudio a otras poblaciones o contextos. Guba y Lincoln (1981) señalan que "se trata de examinar cuánto se ajustan los resultados a otro contexto" (p.96). Esto exige que se describa en profundidad y detalle el lugar y las características de las personas donde el fenómeno fue estudiado. En consecuencia, el grado de transferibilidad depende de la similitud de los contextos.

El Método hermenéutico para la interpretación de los datos en IAP

En toda investigación socio-educativa, es necesaria la presencia del método para abogar por el rigor metodológico fundamental para garantizar la cientificidad de los hallazgos. Gurdián (ob. cit), define el método como "el conjunto ordenado de acciones que se realizan de acuerdo con ciertas reglas o normas. De tal manera que, el método es un procedimiento adecuado para alcanzar determinado tipo de conocimiento" (p.137).

En este contexto, por tratarse que la formación ambiental es una investigación socio-educativa se hace necesario entrar en la dimensión del método hermenéutico – dialéctico y se asume en la perspectiva de Gadamer (1996), como unos de sus principales exponentes. Este método articula la relación del saber y poder en la que se involucran el sujeto y el medio como objeto de la actividad, su objetivo es la transformación dialéctica instituyente, para satisfacer los deseos y necesidades de los sujetos actuantes (Gurdián, ob.cit).

La concepción teórica de la hermenéutica de Gadamer sostiene que nunca se podrá tener un conocimiento objetivo del significado de un texto o de cualquier expresión de la vida psíquica, ya que siempre se recibirá influencia por la condición de seres históricos: a través

de los valores, normas, estilos de pensamiento y de vida. Por tanto, la interpretación implica una fusión de horizontes, una interacción dialéctica entre las expectativas de quien interpreta y el significado del texto o acto humano. En síntesis, el método hermenéutico-dialéctico que propone Gadamer permite al investigador valorar la importancia que tiene el contexto social, pues la esencia de este método es la voluntad de poder transformar realidades susceptibles en los intereses sociales y la existencia de las personas.

Categorización

La categorización o clasificación exige una condición previa; es decir, que implica una reflexión exhaustiva partiendo de los relatos escritos en las notas de campo, grabaciones y entrevista, con la actitud de revivir la realidad en su situación concreta para comprender lo que pasa. (Martínez, 1996; Rodríguez, 1996; Martínez, 2008).

En este sentido, la categorización permite captar los elementos sobre los cuales se pretende actuar para generar los cambios deseados y seleccionar las estrategias y acciones que serán desarrolladas en el plan. Los autores antes citados, sugieren que en cada revisión del material disponible es útil ir haciendo anotaciones marginales subrayando los nombres, verbos, adjetivos, adverbios o expresiones más significativos y que tienen mayor poder descriptivo, diseñando y rediseñando los conceptos de manera constante. Esta técnica permitió el análisis e interpretación de la información obtenida en la entrevista, lo observado por la investigadora, lo expresado en el grupo focal entre otras actividades con la finalidad de clasificarlo y codificarlo en correspondencia con los planteamientos o idea central.

Según Strauss y Corbin (2002), citado por Arenas (2005), las categorizaciones son "conceptos derivados de los datos, que representan fenómenos…el nombre escogido para una categoría parece ser por lo general el que mejor describe lo que sucede. El nombre debe ser lo bastante gráfico para que evoque rápidamente al investigador su referente"(p.43).

De acuerdo a lo planteado, por Hurtado y Toro (1999), la categorización de la información puede hacerse de diversas formas, usando un sofisticado programa de computación Atlas.ti versión 7.0, por ejemplo o, utilizando una tabla de doble entrada donde se colocan las categorías más importantes que se encontraron en la información

recopilada, apoyadas por frases textuales de los informantes claves.

Estructuración de las categorías

La estructuración teórica consiste en la integración de los datos en una estructura coherente y lógica. Su función también es integrar las categorías producidas en una red de relaciones que genere credibilidad y aceptación, su fin es crear un patrón coherente, un modelo o una auténtica teoría o configuración del fenómeno estudiado. De esta forma, los procesos de estructuración y teorización se erigen como "el corazón de la actividad investigativa" (Martínez, 2004, p.273), ilustra el procedimiento y el producto de la investigación, es decir, como se produce la estructura o síntesis teórica.

Triangulación

La triangulación es un elemento de validación y es definido por Martínez (2002), como aquella técnica que consiste en determinar ciertas intersecciones o coincidencias a partir de diferentes apreciaciones y fuentes informativas o varios puntos de vistas del mismo fenómeno.

En función de lo anterior, Santana y Gutiérrez (2002), sostienen que la triangulación consiste en comparar la información recabada para determinar si ésta se corrobora o no, a partir de la convergencia de las evidencias y análisis sobre un mismo aspecto.

La triangulación es una técnica muy empleada en el campo de las investigaciones sociales, consiste en combinar y contrastar fuentes de datos, teorías, métodos e investigadores alrededor de una temática. El investigador en metodología cualitativa para facilitar el proceso de corroboración estructural cuenta con la triangulación de fuentes de datos, diferentes perspectivas teóricas, diferentes observadores, diferentes procedimientos metodológicos y las grabaciones (audio y video).

Al respecto, Cea (1999), cita a Denzin, definiendo a la triangulación en la investigación social como: "la combinación de dos o más teorías, fuentes de datos, métodos de investigación, en el estudio de un fenómeno singular, en la triangulación se produce una comparación, un contraste desde diversas perspectivas" (p. 43).

Consideraciones finales

La formación ambiental, requiere de un proceso de cambio que debe ser impulsado desde el contexto del campus universitario y desde la propia práctica docente, esa transformación conviene realizarla desde el método de la Investigación Acción Participativa.

La IAP constituye una vía para el mejoramiento de la calidad de la educación, la profesionalización de los docentes y para propiciar el cambio del modelo educativo tradicional en las instituciones educativas entre ellas las universidades.

En la IAP el investigador debe ser capaz de generar conocimientos a través de la interacción constante con los actores sociales; es decir, producir conocimiento desde la interacción, diálogo y observación a efectos de propiciar la interpretación y transformación de la realidad que se estudia.

La IAP le permite al investigador apreciar la importancia que tiene el contexto social, pues la esencia de este método es la voluntad de poder transformar realidades susceptibles en los intereses sociales y la existencia de las personas.

Referencias Bibliográficas

Arenas, N. (2005). La teoría fundamentada. Publicaciones de la Universidad de Carabobo, Valencia – Venezuela.

Boffelli, P. (2006). La enseñanza de la investigación desde la perspectiva de la investigación acción. Barquisimeto: UNESR (Tesis Doctoral)

Cea, A. (1999). Metodología Cualitativa. Estrategias y técnicas de Investigación Social. Editorial Síntesis. Madrid P. 43

Elliot, J. (1989). La investigación acción en educación. Editorial Morata. Madrid

Guba E. y Lincoln Y. (1981). Effective evaluation: improving the usefulness of evaluation results through responsive and naturalistic approaches. San Francisco: Jossey-Bass. 96.

Gurdián, A. (2007). El paradigma cualitativo en la investigación socio educativo. Costa Rica.

Habermas, J. (1982). Ciencia y técnica como ideología. Barcelona: Tecnos.

Hernández, R, Fernández, C, y Baptista, P. (2010). Metodología de la investigación. Quinta edición. Editorial Mc Graw Hill. México DF.

Latorre, A. (2003). Investigación-Acción. Conocer y Cambiar la Práctica Educativa. Editorial Grao. Barcelona España.

Martínez, M. (1996). La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual teórico práctico. México. Editorial Trillas.

Martínez, M. (2004). La investigación cualitativa etnográfica en educación. Manual teórico práctico. México. Editorial Trillas.

Martínez, M. (2006). Ciencia y Arte en la metodología cualitativa en las ciencias sociales. México. Editorial Trillas. P.87, 93, 170, 175

Martínez, M. (2008). Epistemología y metodología cualitativa en las ciencias sociales. México. Editorial Trillas.

Novo, M. (2012). La educación ambiental. Bases éticas, conceptuales y metodológicas. España. Editorial Universitas.

Pineda, C. (2010). La transformación del ser desde el hacer: una propuesta pedagógica para el docente del siglo XXI. Tesis Doctoral Universidad Latinoamericana del Caribe y Universidad La Salle de Costa Rica.

Rodríguez, G. y García. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. Madrid: Aljibe.

Sandín. (2003). Investigación cualitativa en educación.

Soto. C. (2012). La participación de los actores sociales de la escuela Técnica Robinsoniana Zamorana “San Carlos”. Tesis de Maestría.

Straus, A. y Corbin, J. (2002). Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada.

Villasante, T. Montañes, M y Martí, J. (2000). La investigación social participativa. El viejo topo. España.

CAPÍTULO 4

CARACTERIZACIÓN DE UNIDADES DE USO, MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE BOSQUE PLANTADO Y RESERVA DEL MEDIO SILVESTRE

(CHARACTERIZATION OF UNITS OF USE, MANAGEMENT AND EXPLOITATION OF FOREST PLANTED AND RESERVE WILD)

Carmen Morante Ascanio[1], Jesús Aranguren[2]

[1]Dra. en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[2]Dr. en Educación. Instituto Pedagógico de Caracas. Venezuela.
Universidad Técnica del Norte (UTN), Ecuador.

RESUMEN

Los bosques plantados son ecosistemas dominados por individuos arbóreos establecidos por acción antrópica. Las áreas de reserva natural o de reserva del medio silvestre son porciones de terrenos cuyo objetivo es la conservación del equilibrio ecológico para proteger el patrimonio forestal y la diversidad biológica de la zona. En este contexto se trata del uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado de eucalipto desde una visión agroecológica, en función de la experiencia de la finca Desarrollo Forestales San Carlos II (DEFORSA II). El objetivo de la investigación fue caracterizar las unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado y del área de reserva del medio silvestre, con la finalidad de obtener la base de datos primarios para proseguir en investigaciones concernientes a la construcción de indicadores y evaluación de la sustentabilidad en bosques plantados desde el enfoque de sistemas. La metodología utilizada fue el diseño no experimental, de campo, descriptiva. Los resultados se desagregan en 16 unidades caracterizadas; entre las que se mencionan: sistema silvopastoril con eucalipto a baja densidad, sistema agrosilvopastoril, sistema agroforestal, silvopastoril-acacia, silvopastoril-merey y silvopastoril-teca (18,82%); agricultura y pastizal (4,70%); silvopastoril con eucalipto a alta densidad (36,74%); cuerpos de agua o zona de inundación, sabanas naturales o zonas sin vegetación, bosque medio denso, bosque medio medio denso, bosque bajo medio denso, bosque bajo ralo (36,25%), carreteras, caminos y otros usos (3,49%). Se concluye que el bosque plantado de eucalipto no se estudia como una unidad principal aislada, sino desde la integración y enfoque complejo de todas las unidades conformando todo un sistema desde la visión holística y sistémica del proceso. Finalmente, se contextualizó la denominación de unidades de uso, manejo y aprovechamiento en su primera aproximación.

Palabras clave: *bosque plantado, área de reserva, eucalipto.*

SUMMARY

Planted forests are dominated by arboreal individuals ecosystems established by human action. The areas of natural reserve or reserve the wild are portions of land whose objective is the conservation of ecological balance to protect the forest heritage and biodiversity of the area. In this context it is the use, management and exploitation of planted eucalyptus forest from an agro-ecological vision, based on the experience of the farm San Carlos II Forestry Development (DEFORSA II). The objective of the research was to characterize the units of use, management and use of planted forest reserve area and the wild, with the purpose to obtain the primary database for further research on the construction of indicators and sustainability assessment in planted forests from the systems approach. The methodology used was the descriptive non-experimental design, field. The results are broken down into 16 units characterized; among those mentioned: silvopastoral system eucalyptus low density, agrosilvopastoral system, agroforestry system, acacia silvopastoral, merey silvopastoral and teak silvopastoral (18.82%); agriculture and pasture (4.70%); silvopastoril eucalyptus high density (36.74%); bodies of water or flood zone, natural grasslands or areas without vegetation, medium dense forest, medium dense medium forest, under dense medium, low sparse forest (36.25%), highways, roads and other uses (3,49%). It is concluded that the eucalyptus forest planted not studied as an isolated main unit, but from the integration and complex approach of all units making up an entire system from the holistic and systemic view of the process. Finally, the designation of units of use, management and use in their first approach is contextualized.

***Keywords*:** *forest planted, reserve area, eucalyptus.*

Introducción

El deterioro de la cobertura boscosa en el estado Cojedes es notable; se estima una superficie boscosa remanente del 10%; de los cuales 3,3% son bosques plantados (Vivas, Morante y Quiroz, 2014).

Los bosques plantados o como se le llama tradicionalmente, el manejo convencional de las plantaciones forestales bajo el sistema de monocultivo, tienden a producir efectos negativos en el ambiente, principalmente en las propiedades del suelo, reducción de la cantidad de agua disponible en el suelo y la pérdida de nutrientes.

En referencia a las especies forestales introducidas o exóticas como el eucalipto, que ha sido fuertemente cuestionado, sin argumentos fundamentados en hechos científicos, se afianza la postura anterior. Al respecto, se especula: la inhibición del crecimiento de otras especies nativas y de la fauna local ya que no proporciona el alimento ni el hábitat de la

fauna silvestre (Evans, 1992), y que no se pueden asociar cultivos agrícolas con las plantaciones de eucalipto (Lima, 1993).

En virtud de lo esbozado, se realizó una caracterización de un sistema integral y complejo de un bosque plantado basado en el análisis realizado por Morante y Aranguren (2014) "Consideraciones acerca de las plantaciones de eucalipto en los llanos centro occidentales de Venezuela; una perspectiva ecológica", el cual consistió en abordar el problema desde una perspectiva sistémica, que permitió identificar cómo las plantaciones en combinación con otros sistemas de producción conllevan a la diversidad en su conjunto para favorecer a los cultivos y al ganado dentro del sistema general; es decir, no se maneja el cultivo de eucalipto como monocultivo, sino que se consideran las modalidades de asociaciones y su vinculación con el entorno, incluyendo las zonas del área de reserva silvestre.

Es por esto, que la caracterización del bosque plantado y áreas naturales en la finca DEFORSA (caso de estudio), se creó un sistema de unidades para su caracterización. La unidad es considerada como el área del territorio con características propias y homogéneas conformadas por elementos bióticos: flora y fauna; y elementos abióticos: cuerpos de agua, relieve y suelo (Berroterán, 1988 y Gallina, Hernández, Delfín, y González, 2009 modificado).

De acuerdo a la Ley de Bosques (Venezuela, 2013) define a los bosques plantados como ecosistemas dominados por individuos arbóreos establecidos por acción antrópica en un área igual o superior a media hectárea (0,5 ha) de una o más especie forestales con fines de usos múltiples… Las áreas de reserva natural o de reserva del medio silvestre son porciones de terrenos cuyo objetivo es la conservación del equilibrio ecológico para proteger el patrimonio forestal y la diversidad biológica de la zona.

En este contexto se trata del uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado de eucalipto (Clones obtenidos de híbridos entre *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis*) desde una visión agroecológica, en función de la experiencia de la finca Desarrollo Forestales San Carlos (DEFORSA).

El objetivo que persigue la investigación es caracterizar las unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado y del área de reserva del medio silvestre,

previamente se identificaron las unidades de acuerdo a su uso, con la finalidad de obtener la base de datos primarios para proseguir en investigaciones concernientes a la construcción de indicadores y evaluación de la sustentabilidad en bosques plantados desde el enfoque de sistemas. Al final se anexan 6 de 21 mapas representativos del trabajo que se generaron como producto de la investigación (Mapa 1: Relieve; Mapa 2: Pendiente; Mapa 9: Red hídrica y cuerpos de agua; Mapa 15: Área de Reserva del Medio Silvestre; Mapa 18: Unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado de eucalipto; y Mapa 19: Distribución de potreros).

Metodología

La unidad de estudio se ubica, en los llanos centrales de Venezuela, en el estado Cojedes, específicamente en la finca Desarrollo Forestales San Carlos II (DEFORSA II), a 13 Km al sur de la ciudad de San Carlos, en la vía que conduce al sector El Totumo. Se delimita por los puntos extremos de coordenadas UTM: 557645,292 E - 1062331,36 N, 548646,213 E - 1052049,517 N, 562835,551 E - 1056035,951 N y 545528,11 E – 1053312,546 N con una superficie de 10742 ha. La precipitación media anual es de 1200 mm con una temperatura media anual que varía entre 22 y 28ºC. La temporalidad del estudio corresponde al período 2014 – 2015.

La metodología utilizada fue el diseño no experimental, de campo, descriptiva (Hernández, Fernández y Baptista, 2010).

Para identificar las unidades se utilizó el criterio de uso, manejo y aprovechamiento ordenado y planificado de los recursos ambientales para promover alternativas de producción compatibles con la conservación del ambiente y disminuir o revertir los procesos de deterioro ambiental de todo el sistema.

Una vez identificadas las unidades de acuerdo al criterio anterior, se procedió a realizar recorridos de campo en la finca donde se tomaron puntos UTM (Universal Transverse Mercator) con GPS Garmín Venture Hc (Sistema de Posicionamiento Geográfico). El sistema de referencia empleado fue el WGS_84_UTM_zone_19N.

La imagen satelital utilizada fue proporcionada por la finca DEFORSA, que a su vez fue adquirida en el Laboratorio de Procesamiento de Imágenes Satelitales (LPAIS). Constituye

una imagen multiespectral obtenida por la constelación de satélites RapidEye, de fecha febrero-2012. El número de bandas es de cinco y sus rangos espectrales corresponden a: azul (0,440- 0,510 µm), verde (0,520- 0,590 µm), rojo (0,630- 0,685 µm), borde del rojo (0,690- 0,730 µm) e infrarojo cercano (0,760 - 0,859 µm). El tamaño del pixel es de 5m x 5 m, orto-rectificada y lista para ser incorporado en cualquier Sistema de Información Geográfica (SIG). La data de los puntos UTM fueron transferidos a la imagen referida procesada en SIG, específicamente ARCgis, versión 10. A continuación se especifican dos procedimientos:

1) En mapa procesado por el Departamento de Investigación Forestal y Vivero de la finca (levantamiento de parcelas y caminos) se emigró la data a la imagen satelital, donde se identificaron las unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado.

Para las unidades de uso, manejo y aprovechamiento correspondientes a los sistemas silvopastoriles, agrosilvopastoril, pastizal y agricultura: una interpretación visual de forma manual con chequeo de campo. Una vez identificadas las unidades en la imagen de satélite, se validó con los conocedores del sitio con taller práctico. Finalmente se verificaron todas las unidades en campo directamente.

2) Para las unidades de uso, manejo y aprovechamiento correspondiente a la cobertura vegetal del área de reserva del medio silvestre se aplicó una clasificación supervisada con el programa Arcgis, previo toma de puntos UTM; utilizando una combinación de bandas 3 (infra-rojo cercano), 4 (infra-rojo medio) y 2 (rojo).

Se delimitó el área de reserva del medio silvestre con la elaboración de polígonos; en estos se incluyeron bosques, sabanas, galeras y lagunas. Una vez seleccionado el shapefile (corte de la imagen de satélite) se realizó la clasificación supervisada sólo para las áreas de reservas naturales.

Obtenido el resultado de la clasificación supervisada; sólo de las áreas de reserva del medio silvestre; se procedió a corroborar exhaustivamente en campo las unidades de Bosque medio denso, Bosque medido medio denso, Bosque bajo denso y Bosque bajo ralo. La clasificación del bosque se basó en Carrero (1998) con modificaciones.

Por último, se determinó la confiabilidad de forma manual tomando 70 puntos UTM en campo y comparando si coincidía con los resultados del programa Arcgis 10. La confiabilidad obtenida fue de 0,97. Este alto valor se debe probablemente a la uniformidad de las áreas estudiadas, a la accesibilidad en todos los sitios y al tamaño de la unidad estudiada. Adicionalmente, se validó la información con los conocedores y técnicos de campo de la finca.

Resultados y Discusión

En el área de investigación, se obtuvo información relativa al relieve, la pendiente y la descripción de las unidades de uso, manejo y aprovechamiento identificadas en el área de estudio.

Relieve

El relieve presenta una cota mínima de 110 m.s.n.m. y una cota máxima de 240 m.s.n.m. La diferenciación entre la cota mínima y la cota máxima es de 130 m. El 87% de la superficie se encuentra entre la cota 110 – 130 m.s.n.m.

Pendiente

El 70 % de la superficie (7441 ha) tiene una pendiente entre 0 – 1%; es decir, que los suelos son ligeramente planos en su mayoría y el 19% (2062 ha), una pendiente entre 2 – 5% correspondientes a terrazas planas levemente onduladas. El 11 % (1200 ha) son colinas con pendiente entre 6 – 25%; y menos del 1% (43 ha) el relieve es abrupto con pendientes entre 26 – 60%.

Unidades de uso, manejo y aprovechamiento

En la tabla 1 se identifican 16 unidades de uso, manejo y aprovechamiento, su representación del área (ha) y porcentaje (%).

Tabla 1

Unidades de uso, manejo y aprovechamiento identificadas en el área de estudio.

Unidad	Área (ha)	Porcentaje (%)
Agricultura	56,78	0,53
Pastizal	448,17	4,17
Silvopastoril con Acacia	110,29	1,03
Silvopastoril con Merey	3,22	0,03
Silvopastoril con Teca	5,17	0,05
Silvopastoril con eucalipto a baja densidad	1675,77	15,60
Silvopastoril con eucalipto a alta densidad	3946,62	36,74
Agrosilvopastoril	226,95	2,11
Cuerpos de agua o zona de inundación*	353,42	3,29
Sabanas naturales o zonas sin vegetación*	615,28	5,73
Bosque medio denso*	608,96	5,67
Bosque medio medio denso*	826,71	7,70
Bosque bajo medio denso*	686,42	6,39
Bosque bajo ralo*	803,29	7,48
Carreteras y caminos**	356,65	3,32
Otros usos	18,30	0,17
TOTAL	10742,00	100,00

*Unidades correspondientes al Área de Reserva del medio Silvestre.
**Unidad imprescindible para la accesibilidad a toda la finca y función de cortafuego.

A continuación se describen las unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado y del área de reserva del medio silvestre. Luego se muestran en mapas representativos desagregados:

1) Uso para la agricultura: ocupa un área de 56,78 ha (0,53%), se cultiva principalmente maíz a inicio de la temporada de lluvias; es procesado en harina de maíz precocida y se destina a la comunidad cercana (Conaima) y a los trabajadores de la finca sin costo para dar cumplimiento a la responsabilidad social. El rendimiento es de 3500 Kg/ha. Luego a finales de la temporada de lluvias se cultiva sorgo forrajero, el cual se destina a la alimentación ganadera.

2) Pastizal: ocupa un área de 448,17 ha (4,17%). Se utiliza para pastoreo principalmente en temporada de sequía. Predomina el 85% de pasto *Brachiaria humidícola* (pasto aguja) y *Brachiaria decumbens* (pasto alambre). Se siembra cada 5 años por estolón y una única fertilización al momento de la siembra. La carga animal para esta unidad es de 1 UA/ha. En algunos potreros del pastizal se evidencia la presencia de pequeñas comunidades de árboles y arbustos.

3) Silvopastoril con Acacia: ocupa un área de 110,29 ha (1,03%). Consiste en la combinación secuencial y simultánea, en el tiempo y en el espacio de diferentes componentes: bosque plantado (acacia; *Acacia crassicarpa* y *Acacia magium*) + componente vegetal silvestre + animal (ganado). La distancia de siembra varía entre lotes: 4 x 2,25 m; 3 x 3 m; 3 x 3, 3 x 2 m: 4,5 x 2 m, para una densidad alrededor de 1111 plantas/ha. El ciclo vegetativo del cultivo varía de 8 – 10 años para la cosecha; los productos que se obtienen son: madera para amachimbrado y materia prima para carbón vegetal (venta directa).

4) Silvopastoril con merey: ocupa un área de 3,22 ha (0,03%). Consiste en la combinación de diferentes componentes: bosque plantado (merey; *Anacardium occidentale*) + componente vegetal silvestre + animal (ganado). La distancia de siembra es de 8 x 8 m, para una densidad de 156 plantas/ha. No se utiliza para madera.

5) Silvopastoril con teca: ocupa un área de 5,17 ha (0,05%). Consiste en la combinación de diferentes componentes: bosque plantado (teca; *Tectona grandis*) + componente vegetal silvestre + animal (ganado). La distancia de siembra es de 4,5 x 2 m, para una densidad de 1111 plantas/ha.

6) Silvopastoril con eucalipto a baja densidad: ocupa un área de 1675,77 ha (15,60%). Consiste en la combinación secuencial y simultánea, en el tiempo y en el espacio de diferentes componentes: bosque plantado (eucalipto; *Eucalyptus* sp) + pasto (*Brachiaria humidícola* o *Brachiaria decumbens*) + animal (ganado). El distanciamiento de siembra varía: 9 x 3 m; 12 x 2,25 m; 10 x 3 m; 10 x 4 m; 12 x 2 m, para una densidad de siembra baja que oscila entre 250-416 plantas /ha, con un ciclo vegetativo del cultivo que varía entre 8 -12 años para la cosecha; el producto que se obtiene son estantillos y botalones (venta directa), paletas y puntales (aserradero). El pasto entre los eucalipto son establecidos y se siembra cada 5 años por estolón y una única fertilización al momento de la siembra. La carga animal para este sistema es de 0,75 UA/ha. Una fracción de esta unidad se destinada a la siembra de pasto de corte (*Brachiaria humidícola*) y se almacena en pacas de heno para la alimentación del ganado en la época crítica como es la temporada seca (meses de enero, febrero, marzo y abril); el rendimiento es de 40 rollos/ha/año de 250 Kg c/u, para un total de 4000 rollos.

7) Silvopastoril con eucalipto a alta densidad: ocupa un área de 3946,62 ha (36,74%). Consiste en la combinación secuencial y simultánea, en el tiempo y en el espacio de los siguientes componentes: bosque plantado (eucalipto; *Eucalyptus* sp) + componente vegetal silvestre + animal (ganado). Este sistema tiene la particularidad, que el bosque plantado de eucalipto es de densidad alta, de 1111 plantas/ha; cuya distancia de siembra es variada: 4 x 2,25 m; 4,50 x 2 m. El ciclo vegetativo del cultivo comprende entre 5-7 años para la cosecha; el producto que se obtiene es pulpa para papel (venta directa a planta procesadora de la misma finca situada en el estado Carabobo). De igual manera, los residuos de tallos se usan como materia prima en la fabricación de carbón por cooperativa cercana (venta directa). El ganado pastorea entre la plantación con una carga animal de 0,5 UA/ha.

8) Agrosilvopastoril: ocupa un área de 226,95 ha (2,11%). Consiste en la combinación secuencial y simultánea, en el tiempo y en el espacio de los siguientes componentes: bosque plantado (eucalipto) + cultivo (arroz; *Oriza sativa*)) + animal (ganado). Los rendimientos del arroz de secano son de 3000 Kg/ha. Y una pequeña proporción demostrativa, de un sistema Agroforestal: bosque plantado (eucalipto) + cultivo (café; *Coffea arabica*); los rendimientos del café oscilan alrededor de los 250 Kg/ha. Es de

resaltar, que en estos sistemas el bosque plantado de eucalipto tiene una densidad baja, entre 250-450 plantas/ha; cuya distancia entre hileras varía entre 10-12 m, entre árboles 3-4 m con un ciclo vegetativo del cultivo que varía de 15-17 años para la cosecha; el producto que se obtiene son estantillos y botalones (venta directa), paletas y puntales (aserradero). El café es procesado y distribuido entre el personal de la finca sin costo. Los restos de cosecha como los residuos de tallos, se destinan como materia prima para la fabricación de carbón por cooperativa cercana (venta directa).

9) Cuerpos de agua o zona de inundación: ocupa un área de 353,42 ha (3,29%). Está conformado por lagunas naturales y artificiales con obras mínimas de infraestructura (muros de granzón y alcantarillas). El uso y manejo de estos cuerpos de agua ha permitido aumentar los hábitats de diferentes especies de la fauna silvestre incrementando sus poblaciones; especialmente de chigüires y aves acuáticas. También se utiliza para el ganado bovino y bufalino.

10) Sabanas naturales o zona sin vegetación: ocupa un área de 615,28 ha (5,73%). Estas se encuentran distribuidas en toda la finca, con la presencia de pastos naturales autóctonos de la zona como: lamedora, cortadera, gamelotillo y granadilla; así como árboles y arbustos aislados y pequeñas comunidades de bosques > a 1 ha. En la zona sur o área de galeras son zonas sin vegetación.

11) Bosque medio denso: ocupa un área de 608,96 ha (5,67%). Se caracteriza porque la altura de los árboles oscila entre 15 a 25 m y el área la cobertura es ≥ 70%.

12) Bosque medio denso: ocupa un área de 826,71 ha (7,70%). Se caracteriza porque la altura de los árboles oscila entre 15 a 25 m y el área de cobertura entre 30 – 70%.

13) Bosque bajo medio denso: ocupa un área de 686,42 ha (6,39%). Se caracteriza porque la altura de los árboles es menor a 15 m y el área de cobertura entre 30 – 70%.

14) Bosque bajo ralo: ocupa un área de 803,29 ha (7,48%). Se caracteriza porque la altura de los árboles es < 15 m y el área de cobertura es ≤ 30%. En el mapa 14, se observa su distribución.

15) Carreteras y caminos: ocupa un área de 356,65 ha (3,32%). Permiten el acceso a toda la finca y funcionan como cortafuego.

16) Otros usos: ocupa un área de 18,30 ha (0,17%). Son las áreas de operaciones: oficina administrativa, vivero, invernadero, enfermería (central) y depósitos.

Finalmente, las labores más comunes que se emplean en el manejo del bosque plantado de eucalipto con fines de aprovechamiento, después de las labores previas en vivero son: trasplante mecanizado o manual (si la sobrevivencia es <98%, se resiembra) el control de malezas se realiza manual con machete o segadora de espalda en el hilo entre plantas, mecánica con rotativa o rolo argentino entre hilera, control biológico con el pastoreo del ganado, principalmente bufalino; y en pocos casos (30%) de forma química con herbicidas entre plantas o por el hilo. La fertilización se lleva a cabo en diferentes épocas con fertilizantes simples y compuestos a razón de 144 grs/planta; al momento del trasplante, luego al mes del trasplante y posteriormente al primer año y otra al segundo año de la plantación original; esto cuando la plantación no es rebrote. En caso del rebrote, no se prepara el terreno con maquinaria pesada, sólo se selecciona el mejor rebrote para la producción. En relación al control de plagas y enfermedades, cuenta con un equipo entrenado para el monitoreo; en este caso, no se presentan enfermedades, pero sí plagas como el bachaco rojo (*Atta sexdens*), bachaco sabanero (*Acromyrmex octospinosus*), comején (*Heterotermes* sp) y *Costalimaita ferruginia*, las cuales son controlados con el pastoreo del ganado.

El manejo del ganado es complicado y complejo; el rebaño de bovinos y búfalos están separados, divididos en potreros. En el mapa 16, se observa la distribución de los potreros. Estos cuentan con cercas eléctricas en su mayoría y se establecen cercas móviles para los lotes de eucalipto en sus primeros meses del ciclo de vida. El ganado pastorea en toda la finca, su función y los servicios ambientales que genera son incontabilizados, así que el ganado baja el combustible en la temporada de sequía, previniendo los incendios forestales; controla las malezas y plagas; se disminuyen los riesgos de personal en el control de incendios; incorpora materia orgánica al suelo. La carga animal aplicada en el pastizal es de 1 UA/ha; en el sistema silvopastoril con pasto (0,75 UA/ha) y en el sistema silvopastoril con eucalipto para pulpa, sabanas naturales y bosques naturales 0,5 UA/ha.

Otras de las labores que inciden en el manejo y aprovechamiento del eucalipto, es la prevención y el control de incendios forestales, el cual cuenta con un sistema de vigilancia las 24 horas del día, especialmente en la temporada de sequía y un efectivo mantenimiento de las vías de comunicación y cortafuegos bien distribuidos.

La cosecha es mecanizada con un equipo especializado el cual corta el árbol, elimina las ramas, lo descorteza y finalmente lo corta al tamaño y lo apila en un tiempo promedio de 56 segundos; y trabaja entre 8 – 9 horas/día.

Es relevante mencionar, que después de la cosecha, quedan residuos los cuales no se queman, sino que se apilan las ramas gruesas y son suministradas a una cooperativa cercana a la zona de influencia para una carbonera (producción de carbón vegetal), acción novedosa, ya que no se utiliza la madera del bosque natural, y el resto de chamizas menores y hojas son incorporadas al suelo como materia orgánica, retribuyendo parte de los nutrientes al suelo.

Por otra parte, el material vegetativo de reproducción es a través de la selección y reproducción asexual (clon), los genotipos son seleccionados de acuerdo a algunas características deseables así como su alto rendimiento, rápido crecimiento, calidad de la fibra y densidad de la madera, cuya adaptabilidad a las condiciones del suelo y clima son específicas de cada tipo.

En cuanto a los rendimientos; depende de las densidades de siembra; estos oscilan entre 20 a 35 m^3/ha/año.

En el mapa 15, se presenta la distribución de las unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado y del área de reserva del medio silvestre.

Todos los resultados fueron validados durante su elaboración mediante chequeo de campo, imagen de satélite y equipo técnico. Dicha caracterización constituye esquemas para el manejo y seguimiento del sistema; es el primer paso para la construcción de indicadores de acuerdo a los programa establecidos por la CIFOR (1996) para bosque plantados a nivel de finca, y OIMT (1998) para bosques naturales. La FAO (2015) plantea la caracterización de los componentes fundamentales del Manejo Forestal Sostenible y ser aplicados para medir y evaluar las tendencias de degradación o regeneración de los bosques.

Haciendo una comparación de los datos e información del área específica (CAURA, 2015), los resultados han diferido en el transcurrir del tiempo; por ejemplo: en la actualidad se aplican técnicas alternativas de producción como el sistema silvopastoril, no se quema para reducir la cosecha, se maneja el ganado para controlar malezas y otros.

Consideraciones Finales

Basado en la experiencia DEFORSA, el bosque plantado de eucalipto es la especie principal donde prevalece el sistema silvopastoril con eucalipto a alta densidad para la producción de pulpa y el componente vegetal silvestre. El pasto y el ganado son incorporados al sistema, el cual conforma el silvopastoril (con eucalipto mayormente a baja densidad; y acacia, teca y merey en menores proporciones); finalmente se tiene el sistema agrosilvopastoril conformado por eucalipto y cultivos (arroz, maíz, café), entre otras unidades. Estas son las principales asociaciones correspondientes a los sistemas alternativos de producción clasificados en unidades de uso, manejo y aprovechamiento.

Además de las asociaciones referidas al bosque plantado de eucalipto, es necesario realzar su vinculación con el resto de las unidades como las sabanas, cuerpos de agua o zona de inundación y bosques (bosque medio denso, bosque medio denso, bosque bajo medio denso y bosque bajo ralo) que corresponden al área de reserva del medio silvestre, donde la diversidad de la fauna silvestre alberga e interactúa con todo el sistema. De aquí la importancia de la visión holística y sistémica del estudio.

Finalmente, se contextualizó la denominación de unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado. Es un área destinada a la aplicación de un conjunto de prácticas combinadas, entre agroecológicas y convencionales según la capacidad de uso del suelo, manejo integrado y aprovechamiento de los productos del sistema de eucalipto para transitar hacia la “sustentabilidad” en el tiempo, con base a la biodiversidad del sistema.

Referencias Bibliográficas

Berroterán, J. (1988). Paisajes Ecológicos de Sabanas en los Llanos Altos Centrales de Venezuela. Ecotrópicos, Vol. 1 (2): 92-107, 1988. Sociedad Venezolana de Ecología. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Caracas.

Carrero, O. (1998). Manual de Tipificación de la vegetación para el manejo sustentable del bosque. Proyecto Forestal Chimanes. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Organización Internacional de las Maderas Tropicales. Bolivia.

CAURA, (2005). Evaluación Ambiental Específica, Desarrollo Forestales San Carlos II, S.A. Informe. Ingeniería Caura, S.A. División Occidente.

CIFOR, (1996). Testing of Criteria and Indicators of sustainable forest Management within the International CIFOR Project, Special Edition, and Federal Ministry for Environment, Youth and Family, Viena, 60 pp, anexes.

Evans, J. (1992). Plantation forestry in the tropics. Claredon Press, Oxford, England.

FAO. (2015). Taller Regional Latinoamericano sobre Criterios e Indicadores para el Manejo Forestal Sostenible. Informe Final (junio – 2015). Tarapote, Perú. 50 Pp.

Gallina, S., Hernández, A., Delfín, C., y González, A. (2009). Unidades para la conservación, manejo y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en México (UMA). Investigación Ambiental 1 (2): 143 – 152.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. Mc Graw Hill, México. 613 pp.

Lima, W.P. (1993). *Impacto ambiental do eucalipto*. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Morante, C. y Aranguren, J. (2014). Consideraciones acerca de las plantaciones de eucalipto en los llanos centro occidentales de Venezuela. Una perspectiva ecológica. Revista de Ciencia y Tecnología AGROLLANÍA 11: 44-49.

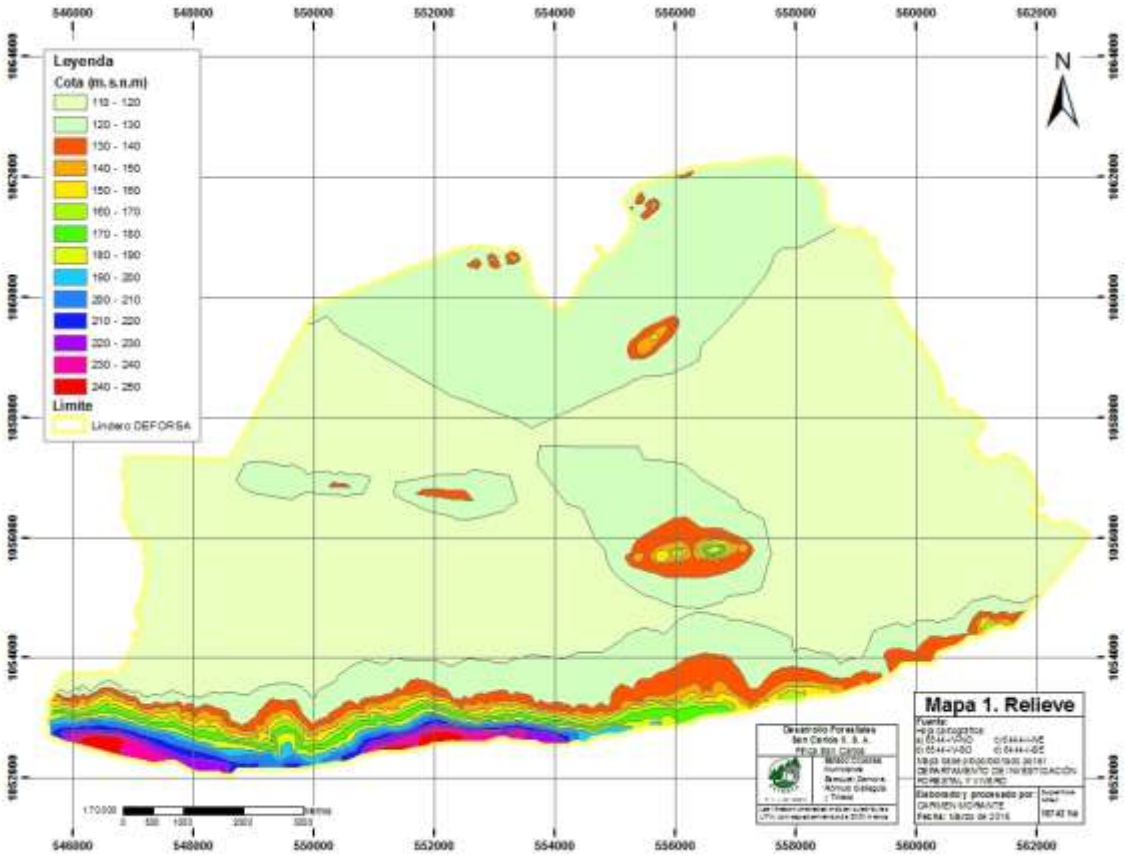
OIMT. (1998). Criterios e indicadores para la ordenación sostenible de los bosques tropicales naturales. Serie OIMT de políticas forestales no. 7.

Venezuela 2013. Ley de Bosques. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela, Nº 40.222. Caracas, Agosto 6.

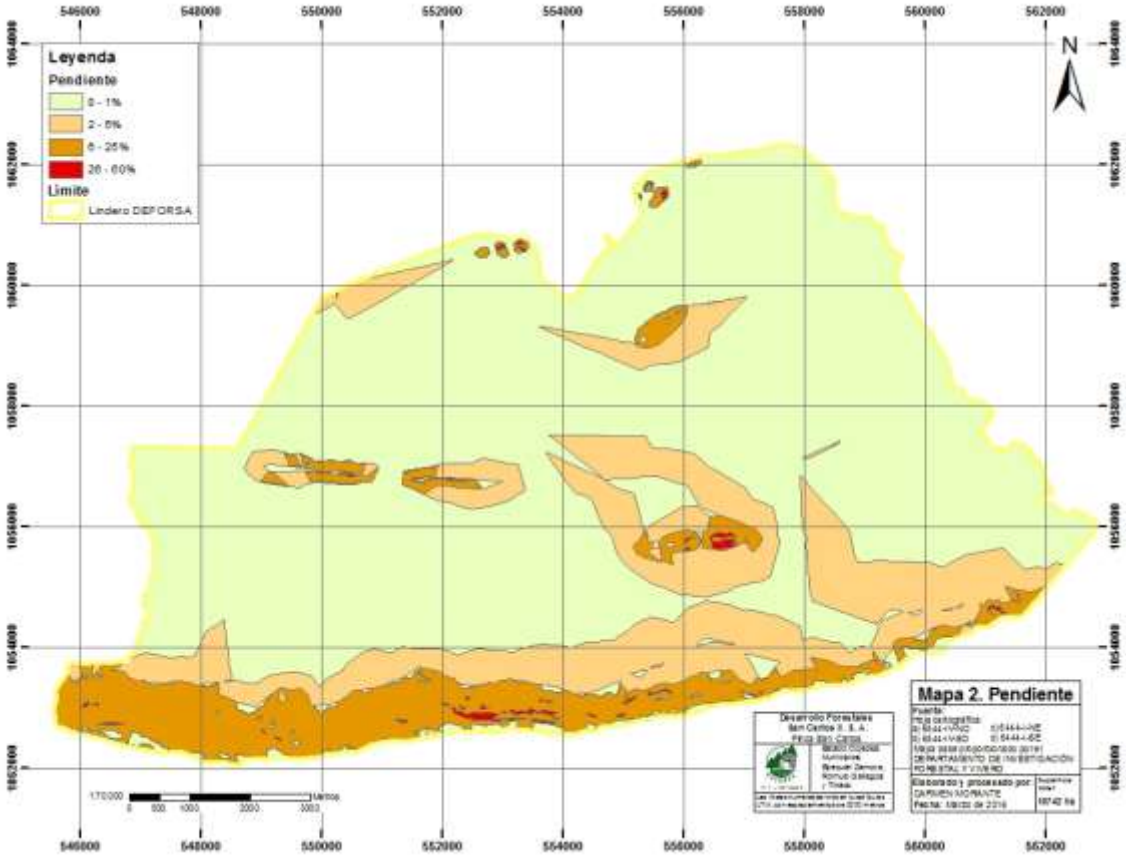
Vivas, I., Morante, C., y Quiroz, I. (2014). Estado Actual de la Cobertura Vegetal del estado Cojedes. Venezuela. In Morante A., C. y Molina M., G. eds. [Libro en DC]. Disponible: SERIE LIBRO PEII Nº 2; La Multidisciplinariedad Investigativa. UNELLEZ. Pp. 1-12.

MAPAS ANEXOS

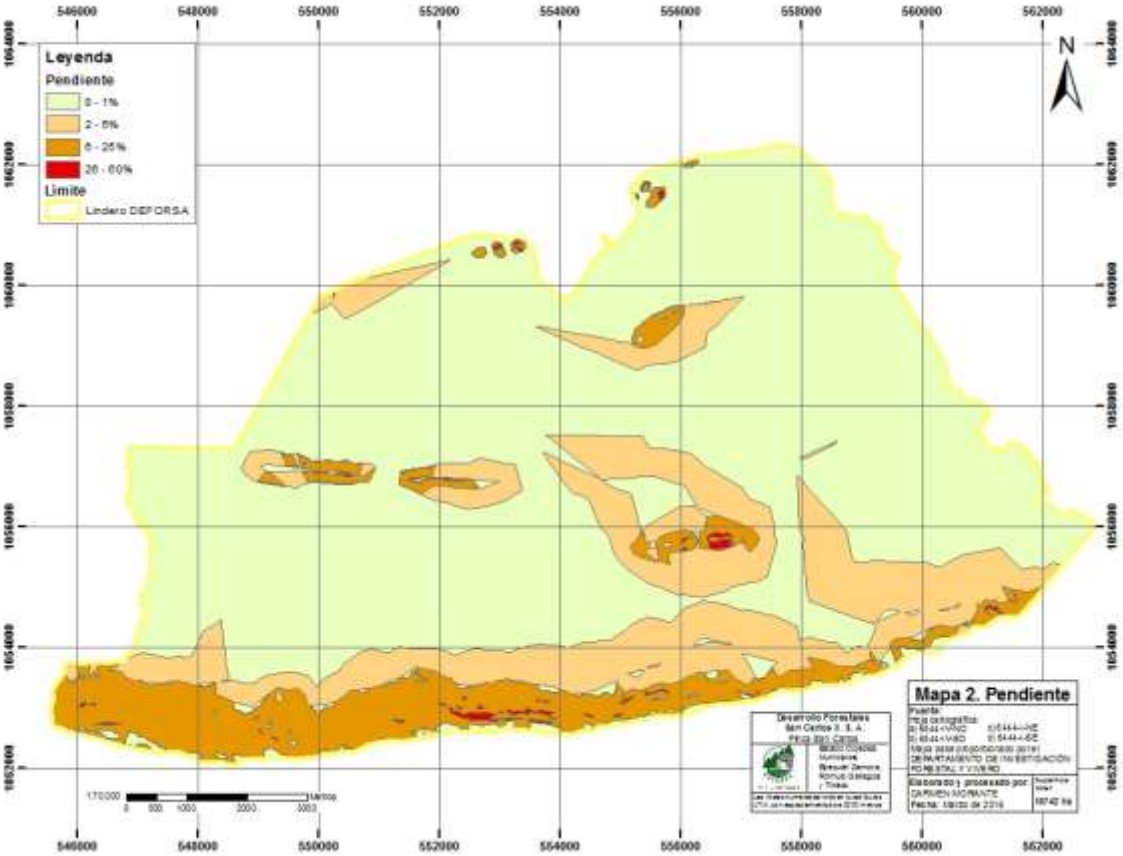
Mapa 1: Relieve.



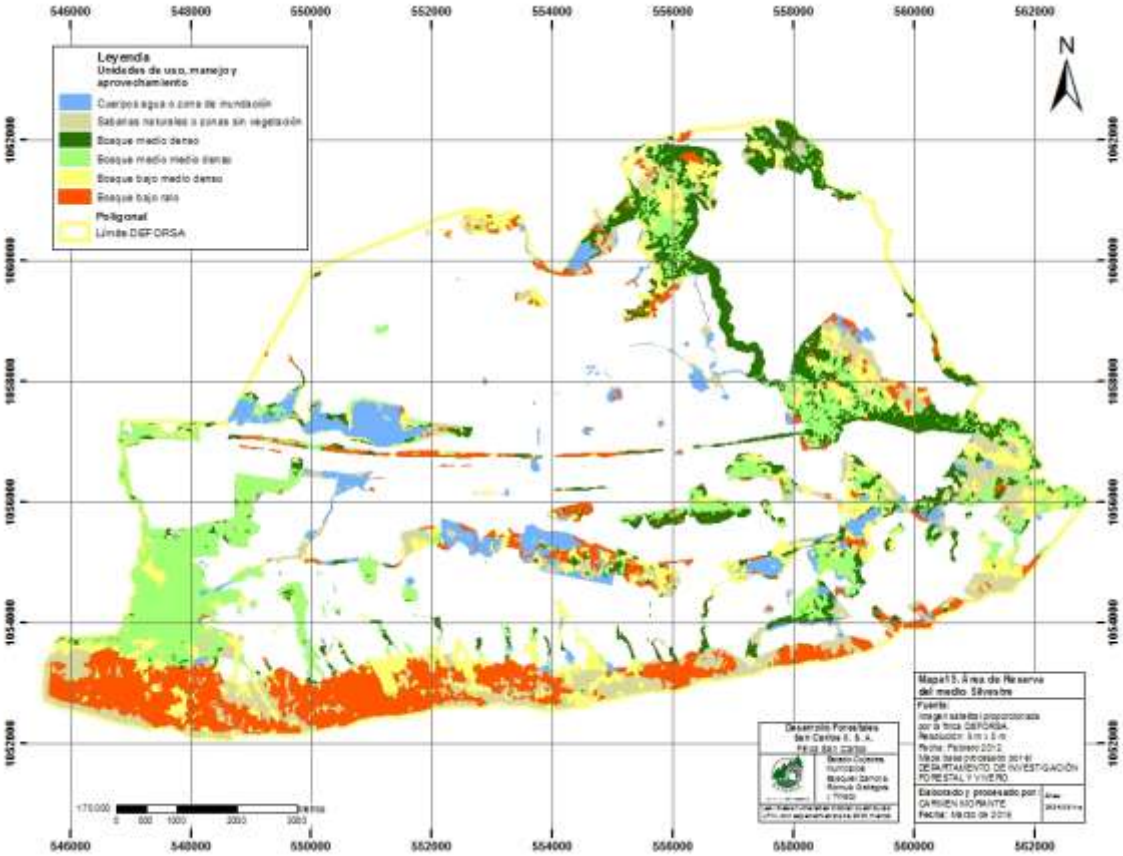
Mapa 2: Pendiente.



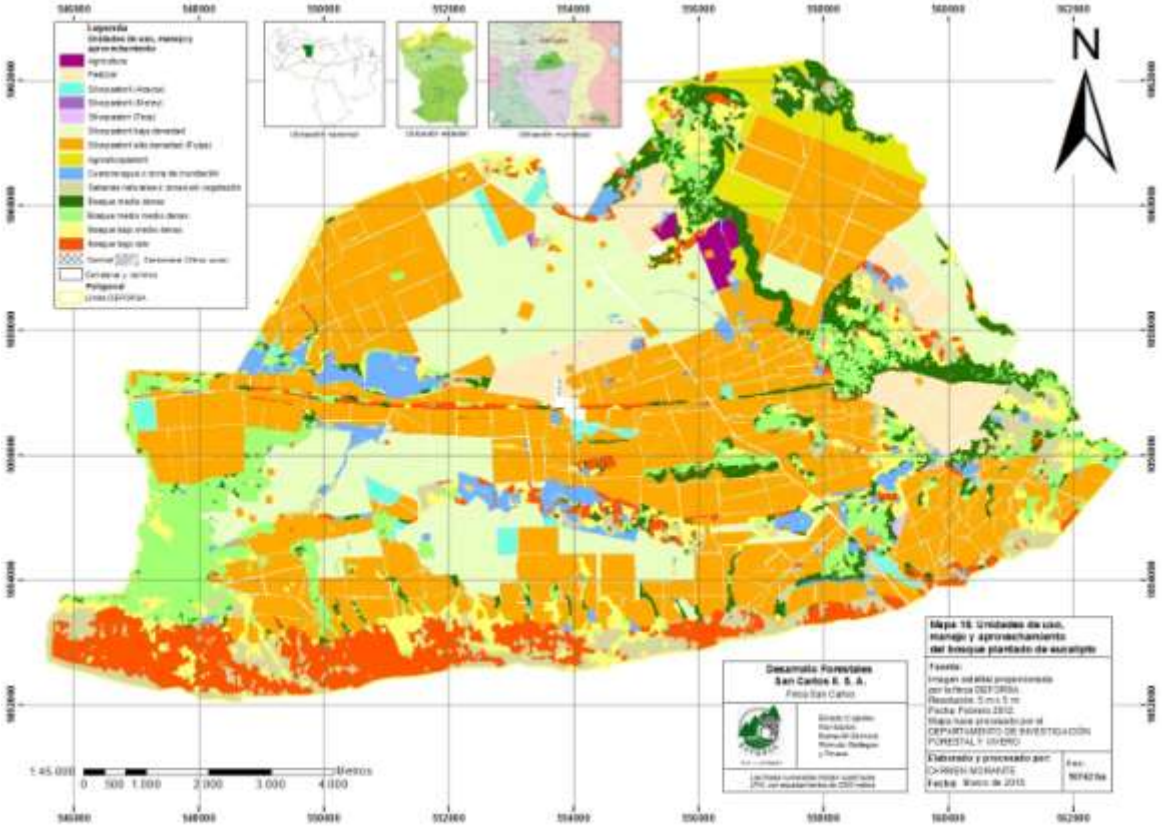
Mapa 9: Red hídrica y cuerpos de agua.



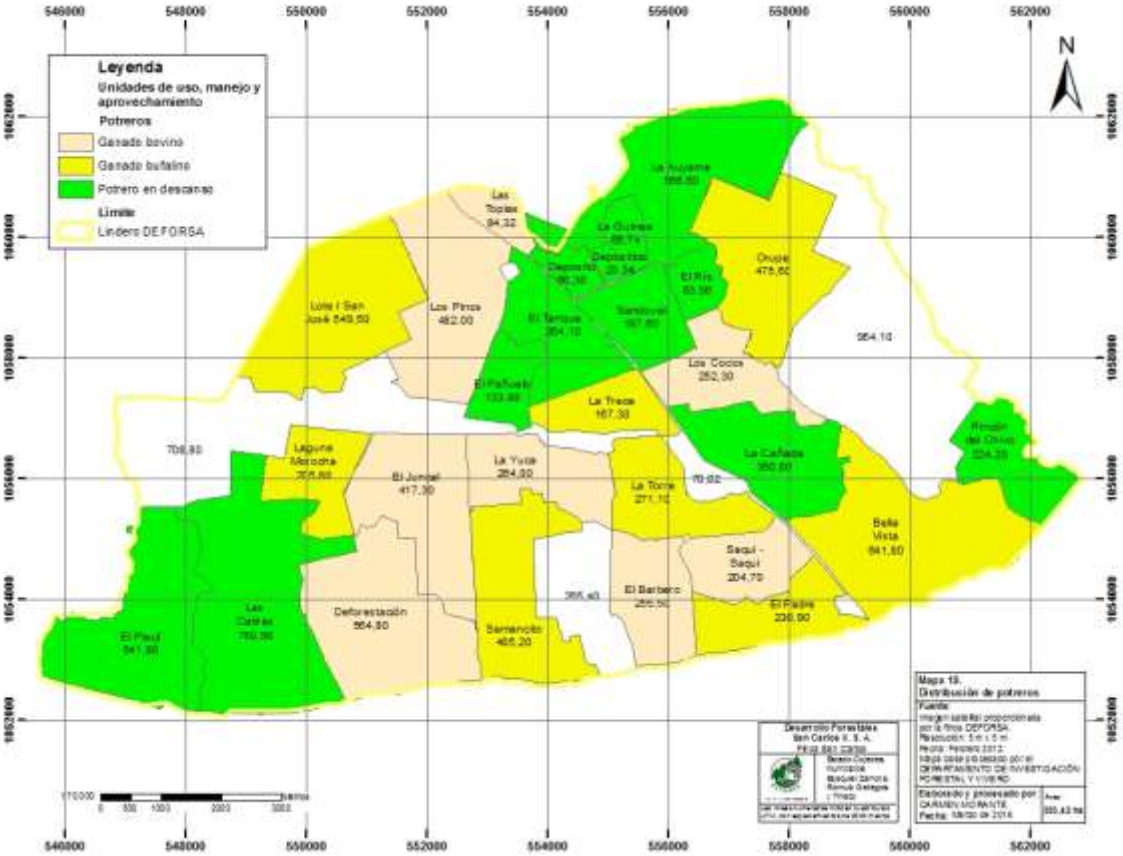
Mapa 15: Área de Reserva del Medio Silvestre.



Mapa 18: Unidades de uso, manejo y aprovechamiento del bosque plantado de eucalipto.



Mapa 19: Distribución de potreros.



CAPÍTULO 5

CULTURA AMBIENTAL Y GESTIÓN UNIVERSITARIA SOSTENIBLE

(ENVIRONMENTAL CULTURE AND SUSTAINABLE UNIVERSITY MANAGEMENT)

Olga Ochoa H[1]. y Carelia Hidalgo[2]

[1]Dra. en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[2]Dra.en Educación Ambiental. Universidad Centro Occidental Lisandro Alvarado, Barquisimeto, estado Lara. Venezuela.

RESUMEN

Las universidades en su rol dinamizador de cambios en la sociedad y desde la perspectiva de la responsabilidad social universitaria, deben transformarse para responder efectivamente a las nuevas exigencias planetarias. Por ello es urgente la revisión y evaluación de su realidad cultural-institucional, para activar un proceso autorreflexivo y de concienciación permanente ante el cumplimiento de sus funciones sustanciales con enfoque sostenible. La investigación tuvo como propósito la generación de un constructo teórico sobre la cultura ambiental universitaria (CAU) en la gestión para la sostenibilidad desde dos niveles gerenciales de la Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora" (UNELLEZ). Metodológicamente la investigación está enmarcada en el paradigma interpretativo de un fenómeno social, bajo los principios de recursividad, hologramático y dialógico del enfoque de la complejidad. Se aplicó entrevistas a profundidad a 10 gerentes de nivel alto y medio, con una guía acorde a las dimensiones de sostenibilidad universitaria (RISU) y elementos de cultura: normas, actitudes, creencias, valores y transmisibilidad. Se utilizó en el análisis e interpretación de la información la teoría fundamentada siguiendo los pasos de codificación abierta, axial y selectiva. Se develó que la CAU de la UNELLEZ no cuenta con un marco normativo en la inserción de la dimensión ambiental (IDA) así como la inexistencia de políticas ambientales, con debilidades e incoherencias en la gestión ambiental universitaria. Emergieron actitudes favorables por los esfuerzos de IDA en las funciones sustantivas de la universidad, el trabajo intrainstitucional y servicio comunitario. La CAU se explica en cinco constructos teóricos, tales como: Pensamiento ambiental; Filosofía ambiental para la gestión institucional; Legado ambiental para el desarrollo territorial; Condición ambiental para la sostenibilidad; y Valores ambientales. Para avanzar en la Gestión Ambiental se requiere considerar factores organizacionales tales como: Políticas Ambientales; Procesos Administrativos, Talento Humano, Trabajo Intrainstitucional y Amplitud Organizacional.

Palabras clave: *cultura ambiental universitaria, gestión*.

SUMMARY

Universities in their role of dynamizing changes in society and from the perspective of university social responsibility must be transformed to respond effectively to the new planetary demands. Therefore, it is urgent to review and evaluate its cultural-institutional reality, to activate a self-reflexive process and permanent awareness of the fulfillment of its substantive functions with a sustainable approach. The purpose of the research was to generate a theoretical construct about the university environmental culture (CAU) in the management of sustainability from two management levels of the National Experimental University of the Western Llanos Ezequiel Zamora (UNELLEZ). Methodologically the research is framed in the interpretative paradigm of a social phenomenon, under the principles of recursion, hologram and dialogic of the approach of complexity. In-depth interviews were applied to 10 high and medium level managers, with a guide according to the dimensions of university sustainability (RISU) and cultural elements: norms, attitudes, beliefs, values and transmissibility. The theory based on open, axial and selective coding was used in the analysis and interpretation of the information. It was revealed that the UNELLEZ CAU does not have a normative framework in the insertion of the environmental dimension (IDA) as well as the lack of environmental policies, with weaknesses and inconsistencies in university environmental management. Favorable attitudes emerged for IDA's efforts in substantive university functions, institutional work and community service. The CAU is explained in five theoretical constructs, such as environmental thinking; Environmental philosophy for institutional management; Environmental legacy for territorial development; Environmental condition for sustainability; and Environmental values. To advance in the Environmental Management it is necessary to consider organizational factors such as: Environmental Policies; Administrative Processes, Human Talent, Intra-Institutional Work and Organizational Amplitude.

Keywords: *university environmental culture, management*.

Construcción de la Cultura Ambiental Universitaria

La construcción de la Cultura Ambiental Universitaria (CAU) se fundamentó de la emergencia de 5 categorías que se explican y teorizan a continuación, tales como: Factores organizacionales; Funciones sustantivas universitarias; Gestión ambiental universitaria; Proceso de transformación universitaria; y Responsabilidad socio ambiental universitaria. Cada una se explica desde las subcategorías emergentes del discurso de los gerentes. En la tabla 1 se muestran las categorías y subcategorías que resultaron en la codificación axial por la comparación constante en el proceso de análisis, las descripciones genéricas realizadas en la codificación abierta de 12 conceptos emergentes se concretaron en las 5 categorías señaladas, las cuales se presentan con la sustentación teórica consultada.

Cada categoría se explica a profundidad, para alguna de ellas se desarrolla la teoría de ciertas subcategorías que sobresalieron entre los 12 conceptos de la codificación abierta. Esto resultó del proceso de síntesis e integración de conceptos y categorías relacionada teóricamente.

Factores organizacionales

Considerando la perspectiva de distintos autores entre ellos a Doina, Mirela y Constantin (2008), en referencia a factores organizacionales que influyen en la cultura organizacional (CO) se destacan: las políticas gerenciales, trabajo en equipo, estilo de liderazgo de los gerentes, características de sus estructuras organizacionales, los fundadores y propietarios, así como el ambiente (jurídico, económico, valores y tecnológico). Asimismo, González y Parra (2008), sugieren la importancia del estudio de la CO a partir del análisis de otros factores tales como espíritu institucional, motivación y liderazgo, determinantes en la trasformación institucional y logro de los objetivos organizacionales resultado de una gerencia efectiva y eficaz.

En este orden de ideas, el análisis de los factores organizacionales determinantes de la cultura se circunscribe en variables de tipos gerenciales, de comportamiento de sus individuos, estratégicos y estructurales, que facilitan la operacionalización de dichas variables y procesos, en la alineación y determinación de la cultura institucional.

Tabla 1

Categorías y subcategorías para teorizar sobre cultura ambiental en la UNELLEZ.

CATEGORÍAS	SUBCATEGORÍAS
Factores organizacionales	Inexistencia de políticas ambientales
	Relaciones Interinstitucionales
	Talento humano
	Politización de la universidad
	Proceso administrativo inconsistente
	Alcance territorial
	Enfoque originario ambientalista
	Trabajo intrainstitucional
Funciones sustantivas de la universidad	Investigación ambiental
	Ofertas académicas para la sostenibilidad
	Servicio comunitario
	Trabajo de extensión
Gestión ambiental universitaria	Incoherencia
	Deficiente política ambiental
	Modelaje institucional
	Pensamiento ambiental para la sostenibilidad
Proceso de transformación universitaria	Incorporación de la DA en todas las funciones
	Desarrollo de una cultura ambiental
	Institución Experimental
	Cambio social
	Financiamiento autogestionable
Responsabilidad socio ambiental universitaria	Concordancia con políticas de Estado
	Deuda histórica
	Pertinencia universitaria

Elaboración Propia.

En concordancia a estos teóricos, en esta investigación se develaron los siguientes factores organizacionales: inexistencia de políticas ambientales, relaciones interinstitucionales, talento humano, politización de la universidad, proceso administrativo inconsistente, alcance territorial, enfoque originario ambientalista y trabajo intrainstitucional.

La alta gerencia reconoce que la UNELLEZ nació con el concepto de alcance territorial y se encuentra enclavada geográficamente en los llanos occidentales de los estados Apure, Barinas, Cojedes y Portuguesa, el cual cuenta con un gran potencial productivo y ambiental que debe ser aprovechado. Surge para dar respuesta al desarrollo de la región sur occidental del país. Posteriormente se amplió el alcance a otros estados como Lara, Táchira y Mérida a través de la municipalización de la educación universitaria. Esta gran amplitud territorial lleva a entender lo amplio de la institución, que según Doina *et al*. (ob.cit) lo formulan como un factor que determina "el grado de formalización (expresadas en reglas, políticas, normas), el grado de descentralización y autonomía; usualmente, en las organizaciones pequeñas la cultura organizacional es más homogénea, mientras que en las grandes instituciones tienen una forma clara las sub-culturas)".

En este sentido se entienden las diferencias que se evidenciaron entre los vicerrectorados, en cuanto a la existencia de un equipo de trabajo en asuntos ambientales así como en la propia gestión ambiental, entendido por la naturaleza de cada vicerrectorado: de producción animal (VPA Apure); de producción y desarrollo social (VPDS Barinas); de infraestructuras y procesos industriales (VIPI Cojedes); de producción y desarrollo rural (VPDR Portuguesa).

La institución cuenta con una declaración originaria ambientalista que expresa el equilibrio entre el hombre y la naturaleza, así como la conservación y uso racional de los recursos naturales de los llanos occidentales y del país. Formulada con un alto contenido ambientalista, procurando una formación ambiental integral, con énfasis en la conservación de los recursos naturales y particularmente la diversidad biológica. Desde su inicio la UNELLEZ declaró compromiso con los asuntos ambientales y el desarrollo territorial, que la distingue y la diferencia del resto de las universidades del país.

En este sentido Hernández y Cendejas (2006), sostienen que en muchos casos, “los fundadores de la organizaciones crean la filosofía de la organización y determinan los valores básicos de éstas; por su parte, los actores gerenciales pueden ejercer influencias desde diferentes puntos de vista”. Lo señalado por los autores es concordante con lo que se evidencia en la UNELLEZ, donde la cultura está arraigada a un pensamiento originario, que se ha mantenido por más de cuatro décadas, como lo es su lema “la universidad que siembra”. Los gerentes expresan de manera natural el sentido ambientalista de la institución, que es aceptado y se ha reproducido históricamente desde su fundación.

La amplitud organizacional se refiere al alcance territorial de la institucional, abarcando los estados llaneros y sus adyacencias, esto limita el cumplimiento de su misión inclusive para vencer problemas productivos, tecnológicos, y de idiosincrasia. Igualmente afecta los aspectos operativos y administrativos de la institución.

Al respecto, Gómez y Sarsosa (2011) sostienen que este factor puede afectar, también, el tipo de cultura que se desarrolla; puesto que “las organizaciones difieren según sus atributos, dimensiones y complejidad” y que “entre la cultura de las organizaciones y el tamaño de las mismas hay una proporción directa en sus creencias, valores y actitudes”. Por otra parte, las grandes organizaciones tienden a un mayor grado de especialización y hacia un carácter impersonal amplio. Esta amplitud de la UNELLEZ se evidencia en la especialización de cada vicerrectorado, como una forma de responder al contexto territorial de cada uno, aun cuando se mantiene una estructura centralizada sobre un rector en un espacio de decisiones del consejo directivo.

En otro sentido, la universidad no cuenta con un protocolo para campus sustentable como resultado de la inexistencia de políticas ambientales, normas de regulación como parte de un plan estratégico, aunque se visualiza algo en la misión institucional. Este factor de políticas ambientales para la sostenibilidad representa una contradicción entre el nivel gerencial alto y medio, siendo débil para el primero e inexistente para el segundo. Los documentos vigentes (UNELLEZ, 1975) que hablan de la filosofía de gestión aún no contiene un marco de políticas ambientales. La inexistencia de planificación y políticas afecta la gestión ambiental, evitando la articulación de funciones que requieren de un trabajo intrainstitucional.

Al respecto Koontz y O'Donell (1972), refieren que "las políticas son planteamientos generales o maneras de comprender que guían o canalizan el pensamiento y la acción en la toma de decisiones en materia ambiental de todos los miembros de la organización"; éstas son guías para orientar las acciones; son lineamientos generales en la toma de decisiones. En este sentido, las políticas ambientales deben ser consideradas como “criterios generales de ejecución que complementan el logro de los objetivos y facilitan la implementación de las estrategias, las políticas deben ser dictadas desde el nivel jerárquico más alto de la empresa”.

Ambos niveles gerenciales señalan aspectos que evidencian procesos administrativos inconsistentes, tales como: inexistencia de normas de regulación, carencia de planificación y falta de continuidad política en la gestión.

A estos aspectos Montoya y Montoya (2005), exponen que la esencia de los procesos administrativos “consiste en la elección de una posición muy específica, cuya plataforma se encuentra en el sistema de actividades y procedimientos específicos que una organización desarrolla para lograr cumplir satisfactoriamente con sus objetivos y metas”. En este sentido Gutiérrez (2012), enfatiza que el diseño de procesos administrativos pertinentes requiere tanto del conocimiento del contexto en el cual debe ubicarse la institución para alcanzar sus propósitos; como de los factores culturales relacionados con la forma de pensar de los gerentes a quienes les corresponde planificar y direccionar estos procesos.

Por lo anterior, la cultura institucional constituye un activo intangible que contribuye a la implantación de la estrategia de las universidades (Andrade, 1996), que distingue a una universidad de otra y orienta sus acciones y decisiones. En este mismo sentido, posibilita la coordinación de los procesos en la toma de decisiones y la planeación de objetivos claros para su cumplimiento. Además, esto permite que la comunidad universitaria se una en torno a un propósito común, a fin de lograr un desempeño superior y transmitir sus habilidades a otros.

Otro aspecto discordante es el referente a la existencia de una unidad a nivel gerencial encargada de asuntos ambientales que impulse las políticas que sean declaradas, puesto que la gerencia media expresa que una forma de impulsar los asuntos ambientales ha sido a

través de la experiencia de la Comisión de Ambiente en el Vicerrectorado de Producción y Desarrollo Social (VPDS). Esta iniciativa aún no se ha expandido al resto de vicerrectorados, lo cual representa una debilidad organizativa para avanzar en el compromiso y tareas pendientes sobre asuntos ambientales.

Se reconocen en ambos niveles gerenciales los esfuerzos crecientes en actividades para avanzar en ambiente y sostenibilidad como resultado del trabajo intrainstitucional. Sin embargo existe diferencia en la percepción de esta subcategoría por parte de los gerentes, por el tipo de actores de la comunidad universitaria que efectivamente participan en las actividades ambientales. En la gerencia alta emerge el trabajo intrainstitucional como resultado de la participación activa de todos los miembros de la comunidad universitaria (docentes, estudiantes, administrativos y obreros), arraigados en el trabajo en equipo y colaborativo para el cumplimiento de las funciones institucionales, particularmente en actividades vivenciales y reformas. Se plantea que alcanzar metas con éxito requiere del trabajo en equipo continuo y con esfuerzo, factor fundamental para salir adelante.

Orientar esfuerzos en las organizaciones hacia la participación y el trabajo en equipo, según García y Cordero (2007), constituye el "propósito más importante de los gerentes, toda vez que éstos son formas organizativas propias de la denominada nueva era, que responden a cambios que implementan las organizaciones como vía para promover una cultura de trabajo colectivo", donde se interactúe de manera que permita generar, transferir y utilizar el conocimientos en función de obtener los rendimientos esperados según sus objetivos y metas. Asunto éste muy arraigado en el discurso de la alta gerencia de la UNELLEZ con el fin de orientar los procesos relevantes de la organización, tal como lo señalan Kozlowski e Ilgen (2006).

En este sentido, la gerencia media ve el trabajo intrainstitucional limitado a las acciones realizadas a través de las funciones sustantivas de la universidad con la participación activa de docentes y estudiantes. Los administrativos participan con acciones muy puntuales y aisladas, y por otra parte las autoridades no muestran voluntad política. Por tanto, existen iniciativas aisladas que no se concretan en políticas ambientales. En este mismo nivel gerencial, se señala como factor positivo que el trabajo intrainstitucional cuenta con talento humano capacitado y comprometido. Igualmente plantean como factor

negativo que la politización e intromisión político partidista en la universidad, ha afectado las funciones sustanciales de la misma, desplazando la priorización de los asuntos ambientales. Este último aspecto resulta concordante con lo expresado por Parra (2016), en cuanto a que las universidades experimentales en Venezuela se han caracterizado desde sus fundaciones por ser instituciones ejecutoras de políticas de Estado de los gobiernos de turno, politizando las estructuras y propósitos académicos desde una postura ideológica.

Al respecto, Kreither y Kinicki (1997) expresan que el talento humano "lo constituyen las personas que toman las decisiones, administran, controlan y evalúan los procesos; éste es el activo más importante que tiene una institución, ya que el talento humano hace operar los demás recursos de la organización". Los autores afirman que el talento humano es clave para promover el proceso de cambio de la organización, entonces resultan fundamentales para impulsar una gestión ambiental universitaria con enfoque sostenible

Ambos niveles gerenciales señalan la existencia de reglamentos internos para el manejo y regulación de servicios, pero sin criterios ambientales para la sostenibilidad. Se solventan situaciones con apoyo de entes externos (gobernación y alcaldía) generando enlaces interinstitucionales; al respecto, Evan (1976) señala que los procesos organizacionales están determinados por las "relaciones personales y comunicación interinstitucional que a su vez, es propia de los procesos sistémicos abiertos que deben mantener el equilibrio entre las influencias provenientes del mundo externo y las exigencias y necesidades internas".

Por su parte, Daft y Steers (1992) coinciden en afirmar que en relación con la perspectiva externa, las instituciones por su naturaleza, poseen un comportamiento sistémico y dinámico, y están constantemente respondiendo a las fluctuaciones de las fuerzas externas, que son generadoras de cambio. Igualmente estas relaciones interinstitucionales van a permitir cumplir con el buen desempeño de las funciones universitarias (servicio de agua, residuos sólidos y transporte) apoyados en sus alianzas con otras instituciones. Según López (2015), esto ha sido una forma de superar las deficiencias en los servicios universitarios para solventar situaciones a través de alianzas estratégicas entre agencias internacionales y autoridades gubernamentales.

Particularmente la gerencia alta señala como factor organizacional una cultura ambiental débil e inapropiada, la cual requiere ser desarrollada y fortalecida para procurar universidades sostenible. Igualmente se necesita aminorar gastos, lo cual implica ajuste presupuestario y consumo responsable.

Funciones sustantivas universitarias

Los niveles gerenciales coinciden en los aspectos referentes a las funciones sustantivas para avanzar hacia una universidad sostenible desde el trabajo docente, de extensión e investigación. Estas funciones establecidas en el reglamento parcial de la Ley de Universidades (1970) en su artículo 5: "Las Universidades son autónomas en cuanto a su propio gobierno, en sus actividades docentes, de investigación, académicas, culturales y administrativas, de acuerdo con lo previsto en la Ley". Se evidenció el reconocimiento de la docencia, investigación y extensión como las funciones prioritaria que se deben cumplir en la universidad; sin embargo el artículo 6 es claro al señalar que entre las competencias y responsabilidades de las autoridades universitarias se encuentra la vigilancia y mantenimiento de éstas, así como también las actividades culturales y administrativas.

La acción ambiental más resaltante de la gestión de la UNELLEZ ha resultado ser el vanguardismo en ofertas académicas ambientales a nivel nacional y latinoamericano de IV y V nivel. Existen actualmente ofertas académicas para estudios en áreas de ambiente y sostenibilidad que se muestran en la tabla 2.

Todas ofertas académicas de pregrado que se listan en la tabla 2 se enfocan en la formación integral del egresado, que se complementa con subproyectos disponibles a lo largo de las carreras, que coadyuvan en la formación ambiental. La UNELLEZ en sus inicios consideró la temática ambiental a través de subproyectos obligatorios; sin embargo, en la última década esta política ha ido mermando al punto que en la actualidad para cada vicerrectorado la temática ambiental no está unificada, presentando marcadas diferencias en su abordaje. Se avanzó en el VPA con la inclusión del subproyecto Educación Ambiental para todas las carreras; y hace más de una década se planteó la inclusión del subproyecto Organización Social de la Producción para todas las carreras pero fue asumido en forma

diferente hasta desaparecer en algunas. Se trabaja en la actualización de la malla curricular y nuevas ofertas académicas tecnológicas de interés a estudiantes y el desarrollo del país.

Tabla 2

Ofertas académicas con formación ambiental en la UNELLEZ.

Nivel académico	Oferta de formación
Pregrado	Licenciados en educación mención: Física, Biología, Química. Licenciados en Sociología del Desarrollo, Administración. Contaduría Pública; en Planificación y Desarrollo, Ing. Agronómica, Ing. de Producción Animal, Ing. en Recursos Naturales Renovables, Economía Agrícola, Ing. Agroindustrial, Ingeniería Agroindustrial, TSU Agroindustrial Mención Granos y Semilla, TSU para la Industria de Alimentos, T.S.U Pesca Continental y Piscicultura, Ing. de Petróleo, Ing. Agrícola y el Programa Medicina Integral Comunitaria.
IV Nivel (Magister y Especialidades)	Maestría en Fauna Silvestre Maestría en Educación Ambiental Especialista en Derecho Agrario y Ambiental,
V Nivel (Doctorado)	Ambiente y Desarrollo. Agroindustria.

Elaboración Propia.

Al respecto, Maturana (1999) señala que el proceso educativo, es vital reconocer y comprender la competencia que cumple cada ser humano en la sociedad y su entorno. Poder entender que la formación ambiental de los seres humanos, podría permitir un planeta mejor, con reconocimiento de la pluralidad del pensamiento y capaz de cumplir con el rol especifico en la sociedad. Una educación capaz de brindar conocimientos y argumentos en cada sector específico que conforma la sociedad, para lograr fusiones cognitivas empíricas orientadas a mejorar el ambiente.

Se abordan comunidades con actividades de índole ambiental a través de servicio comunitario, esto en el marco del cumplimiento de la Ley de Servicio Comunitario (2005),

la cual tiene como propósito poner en práctica los conocimientos técnicos propios de cada carrera. Igualmente se da respuesta al Plan Nacional de Formación (PNF); con el sentido de acercar las capacidades que tiene la institución con las necesidades del entorno tal como lo establece la Resolución 2.963, publicada en Gaceta Oficial 38.930, los cuales fueron creados por iniciativa del Ejecutivo Nacional a través del MPPEU, con el propósito de:

> Construir redes de conocimiento y aprendizaje para la generación, transformación y apropiación social del conocimiento en las respectivas áreas, al servicio de la Nación y, en particular, promover activamente la articulación y cooperación solidaria entre las Instituciones de Educación Universitaria (IEU), la vinculación de la educación universitaria con los organismos del Estado, empresas y organizaciones sociales, en función de la pertinencia de la formación y la creación intelectual.

Cabe acotar lo expresado por Maturana, (ob. cit.) educar es configurar un espacio de convivencia, es crear circunstancias que permitan el enriquecimiento de la capacidad de acción y reflexión del ser que aprende. Entonces el servicio comunitario y los PNF, como actividades docentes, crean condiciones de formación del ser humano para que se desarrolle en sociedad con otros individuos, para que aprenda a vivir, convivir y afrontar su propio destino para cumplir con la finalidad de su existencia.

Se suma a estos requerimientos académicos, la tradicional función de extensión ejecutada por docentes, estudiantes, o grupos organizados. Con el desarrollo de actividades a lo interno se logra un alcance que incluye a la comunidad universitaria; a lo externo se dirige a las comunidades y sector productivo. Se manejas diversas estrategias didácticas y divulgativas. Se promueve una cultura ambiental a través de actividades de educación ambiental y se cuenta con espacios didácticos (Aulas ambientales, Herbarios y jardín Botánico) para la enseñanza de asuntos ambientales. La existencia de brigadas ecológicas en algunos vicerrectorados beneficia esta función. Se realizan alianzas interinstitucionales para formar a funcionarios con competencias en resguardo ambiental.

También emerge la investigación ambiental, con énfasis en recursos naturales a través de trabajos de grado y ascensos, como un aporte continuo de la universidad a la comunidad del conocimiento. Se cuenta con líneas y grupos de investigación que trabajan para dar respuesta a los asuntos sobre ambiente y sostenibilidad. Es importante resaltar que de las 38

líneas de investigación contenidas en el Plan General de Investigación de la UNELLEZ (2008-2012), el cual se encuentra en construcción, existen 21 enmarcadas en la temática ambiental.

Gestión ambiental universitaria

La gestión ambiental en la UNELLEZ es considerada, por ambos niveles gerenciales, deficiente por la ausencia de políticas ambientales; e incoherente por la desvinculación entre la filosofía de gestión y la praxis organizacional. Por otra parte, no articula las funciones sustantivas con los asuntos administrativos. Desde esta perspectiva, Heifetz *et al*. (2009), citado por Contreras y Castro (2013), expresan que el liderazgo ejercido desde las prácticas directivas juega papel predominante en la evolución de la organización, al éxito o al fracaso. Por lo que es determinante para el manejo de políticas coherentes y eficientes la existencia de gerentes con auténticas competencias.

En referencia al manejo y disponibilidad de servicios (agua, energía, residuos sólidos, transporte y áreas verdes) existe diferente grado de deficiencia según el vicerrectorado. Menos aún se responde a criterios de sostenibilidad, de alguna manera se explica por la falta de independencia económica, así como por la carencia de tecnologías verdes; develándose la falta de prioridad e indolencia institucional. Sin embargo se evidencian acciones puntuales y aisladas de los diferentes actores de la comunidad universitaria. Se aplican débiles prácticas en el manejo de áreas verdes, uso de papel, ahorro de agua y energía. La gerencia media aporta a este hecho la falta de voluntad política develada por el deficiente respaldo de las autoridades, para avanzar en los procesos ambientales medulares de la institución, así como la falta de reconocimiento de los esfuerzos realizados por algunos actores.

La gestión ambiental universitaria requiere alcanzar instituciones ejemplares, que modelen y sean orgullo de sus miembros. Esta tarea es necesario fomentarla a través de la comunicación efectiva, la sensibilidad ambiental, mística de trabajo, integración de esfuerzos y vocación de servicio.

Aun cuando se plantea mucha teoría en los temas de ambiente, se observa incoherencia por carecer de una fortalecida cultura sustentada en valores ambientales institucionales. La

UNELLEZ contempla, en su discurso para el entorno, miramientos sobre los recursos naturales, las características climáticas y el ambiente para impulsar el desarrollo sostenible a través de la productividad en los modos socio económico. Esto responde a las tendencias mundiales sobre el pensamiento ambiental para la sostenibilidad, donde se participa a través de diversas actividades académicas. En contraposición la gerencia media señala la ausencia de un pensamiento ambiental, que busque construir una universidad sostenible.

Para Ramírez (2015), el pensamiento ambiental declara de manera armoniosa la relación entre los ecosistemas y las culturas, trascendiendo desde lo natural a lo social. La autora señala que para alcanzar dicho pensamiento el ser humano necesita:

> Establecer una forma diferente de aproximarse al mundo y a los problemas que enfrenta en la actualidad, es posible entonces hablar de maneras alternativas de mantener y preservar el mundo natural y las formas de sociedad que en él ha establecido el hombre.

En este sentido la UNELLEZ requiere propiciar espacios de discusión y acuerdos para superar las diferencias existentes en torno al pensamiento ambiental para la sostenibilidad, que es necesario trascender desde el pensamiento naturalista a uno más integral bajo el enfoque de la complejidad.

Proceso de transformación universitaria

En la transformación universitaria para la construcción de una universidad sostenible se requiere de procesos que apunten a la incorporación de la dimensión ambiental (DA) en todas sus funciones. Por lo cual es imperativo trabajar en la actualización de la malla curricular con contenidos pertinentes en todas las carreras y nuevas ofertas académicas que respondan a los requerimientos territoriales. En cuanto a la incorporación de la DA en todas las funciones universitarias, Hidalgo (2016) expone que para trascender en la sociedad, propiciando un pensamiento transgeneracional que contribuya a la construcción de una sociedad sostenible, se requiere que se desarrolle en la actividad académica la trilogía de la investigación-docencia-extensión.

Concretar la transformación universitaria requiere el desarrollo de una cultura ambiental centrada en el talento humano. Los programas de formación contribuyen a la

sensibilización ambiental de los estudiantes, sin embargo es deficiente para el resto de los miembros de la comunidad universitaria. La concienciación ambiental se debe transformar en una política gerencial pertinente, con permanencia en el tiempo, que alcance la formación ambiental de las autoridades para que estén sensibilizados.

Es por ello que al considerar el desarrollo de una cultura ambiental como la característica indefinida e inseparable de toda sociedad y que las organizaciones pueden ser consideradas como pequeñas sociedades, se pueden atribuir características culturales a las organizaciones que las describan, pudiéndose afirmar que la cultura es a la organización, como la personalidad al individuo. En este sentido, para Bayón (2006),

> La cultura ambiental establece los parámetros de relación y reproducción social con relación a la naturaleza. Ésta debe estar sustentada en la relación del hombre con el ambiente, y en dicha relación está implícito el conjunto de estilos, costumbres y condiciones de vida de una sociedad con una identidad propia, basada en tradiciones, valores y conocimientos.

El análisis de la cultura ambiental de la universidad tal como lo señalan Ochoa e Hidalgo (2016), exige la revisión tanto de los factores determinantes, como de los rasgos visibles de la cultura tales como sus creencias, normas, valores, actitudes y transmisibilidad, en los distintos sujetos de la comunidad universitaria. Es que la cultura se podrá reflejar tanto a lo interno como externo de la institución, que configura o limita la construcción de una universidad sostenible.

Otro aspecto para alcanzar universidades sostenibles, señalado sólo por la gerencia alta, es superar la dependencia económica con acciones orientadas al financiamiento autogestionable a través de figuras administrativas generadoras de ingresos y capaces de sostener costos, el cual tiene implícito el cambio de praxis. Resulta un concepto ambicioso y utópico difícil de alcanzar, motivado por la histórica dependencia del Estado. Al respecto, López (ob. cit) al referir las principales tendencias de la Educación Superior en América Latina y el Caribe producto de la crisis global, refiere que las universidades tienden a buscar fuentes de financiamiento para la diversificación de sus formas de ingreso a través de ventas de servicios, como alternativas a la financiación estatal.

Bruni (2012), refiere que desde finales del siglo XX se han venido dando cambios en la manera como se distribuye la carga presupuestaria para el financiamiento de la educación superior, lo cual en los últimos años ha desarrollado una tendencia creciente hacia fuertes controversias ante la realidad planteada en los presupuestos asignados a las universidades y los requerimientos reales de éstas.

Este mismo nivel gerencial ve necesario el cambio social, para transformar la praxis de los actores internos, así cumplir con los planes establecidos. Igualmente es necesaria la transformación de los actores externos, para lo cual es imperativo superar la resistencia al cambio ante una nueva cultura de consumo, y lograr posesionar al sector productivo de sistemas con tecnologías verdes generadas en la universidad y avanzar en el proceso de transformación de la sociedad.

Para Velasco (2009), el cambio social es una alteración apreciable de las estructuras sociales, como consecuencia y manifestación de las normas, valores y conocimientos de las mismas. Esto incluye aspectos como el éxito o fracaso de diversos sistemas políticos y fenómenos como la globalización, la democratización, el desarrollo y el crecimiento económico. Es decir, el cambio social consiste en la evolución de las sociedades, desde cambios a gran escala hasta pequeñas alteraciones. El cambio social remite a los pilares mismos de las instituciones sociales, por lo tanto, frecuentemente es también un cambio de tipo económico, político y cultural.

Uno de los elementos contemporáneos más importantes para entender el cambio social está en relación con la resistencia al cambio la cual puede manifestarse de diversas maneras y en distintos niveles de análisis, tanto individual, grupal u organizacional. La resistencia refiere las fuerzas que se oponen a los cambios que se pretenden, obstaculizando la adaptación y el progreso.

Haferkamp *et al.* (1992), exponen el hecho que “todo cambio trae consigo cierto grado de concienciación de las personas en cuanto a su experiencia anterior en situaciones similares”. Si la experiencia previa tuvo éxito, la predisposición de las personas tenderá a ser positiva. En caso contrario, las personas experimentarán una sensación de amenaza, de peligro y de incertidumbre de su futuro. Entonces, se entiende desde los gerentes que para

avanzar en la transformación universitaria y particularmente en la gestión ambiental, es necesario superar la resistencia al cambio de la comunidad universitaria, propiciando la concienciación ante los cambios requeridos.

Finalmente la gerencia media exalta como factor preponderante de la UNELLEZ su carácter de institución experimental, la cual le concede cierta flexibilidad para la adaptación, actualización de la malla curricular; así como la inserción de la dimensión ambiental para la sostenibilidad en todas las funciones de la estructura organizacional. Las universidades experimentales, conforme a lo dispuesto en la Ley de Universidades en el artículo 10, declaran que éstas son creadas por el ejecutivo nacional "con el fin de ensayar nuevas orientaciones y estructuras en Educación Superior". Estas universidades "gozan de condiciones especiales requeridas por la experimentación educativa".

Se establece entonces la necesidad de transformar a la universidad desde los ámbitos gerenciales tanto académicos como los administrativos; fundados en el desarrollo de una cultura ambiental que alcance a todos los miembros de la comunidad universitaria, y en respuesta a una política ambiental. Este cuerpo declaratorio necesario para el cambio, requiere incluir todas las funciones universitarias en las cuales se permee la dimensión ambiental. Por otra parte se plantean formas de gestión que apunten a la sostenibilidad universitaria desde las finanzas, promoviendo mecanismos de financiamiento autogestionable para avanzar en la gestión ambiental y solventar problemas institucionales. Es necesario aprovechar las oportunidades de alcanzar nuevas orientaciones y estructuras, con la modalidad experimental; así como también superar la resistencia al cambio.

Responsabilidad socio ambiental universitaria

La filosofía originaria de la UNELLEZ declara el gran reto de responder a las necesidades productivas del territorio nacional, desde su eslogan "la universidad que siembra". En su accionar plantea concordancias con políticas de Estado y el abordaje de las necesidades del sistema productivo a nivel municipal. Este hecho responde a su carácter experimental, tal como dice Parra (ob. cit) que este tipo de universidades tienen gran dependencia de los gobiernos nacionales, y dan respuestas a las exigencias del Estado.

Desde su creación se han caracterizado por la dependencia política del gobierno central, y su vínculo con las políticas de Estado.

En la actualidad se busca ser concordante con el V objetivo histórico del Plan de la Patria (2013-2019), como política de Estado para el desarrollo y conservación de la vida en el planeta, enfrentar así los problemas ambientales que atentan contra las actuales y futuras generaciones. La responsabilidad socio ambiental se busca principalmente con las actividades de extensión que coadyuvan a la transformación social.

Se ha trabajado en la formación de profesionales con sensibilidad sobre conservación de recursos naturales (agua, suelo y fauna), fundamentada en una concepción naturalista de ambiente. Sin embargo no se ha asumido lo ambiental desde su concepción integral en el marco del desarrollo sostenible, para ser incorporado como eje transversal, representando este hecho una deuda histórica. La responsabilidad socio ambiental también se tiene que ver en práctica de la propia gestión universitaria, y responder al marco legal ambiental vigente, con ello contribuir con la transformación social.

El cumplimiento de la pertinencia ambiental solo fue evidenciada en el discurso de la gerencia alta, por considerar que la UNELLEZ mantiene contacto con la realidad socio ambiental, el modo y las necesidades socio productivas de su entorno. Esta tarea se logra con la promoción de valores, a través de la ejecución de charlas, foros y conversatorios en temáticas sobre ambiente y desarrollo; en respuesta a las necesidades culturales, ambientales y socio productivas. Igualmente consideran que está reflejada en la capacidad de respuesta institucional a las necesidades externas y factores que afectan el ambiente, siendo uno de los retos que el conocimiento permee hacia fuera.

Cultura ambiental universitaria para la sostenibilidad

Como resultado de la aplicación de la teoría fundamentada, en un nivel de integración y refinamiento de la codificación axial, asumiendo los propósitos de la investigación, se describen los hallazgos develados de la realidad de estudio a través de los niveles gerenciales medio y alto de la UNELLEZ. Se organizaron en tres constructos teóricos denominados: cultura ambiental universitaria (CAU), factores organizacionales para la gestión ambiental y requerimiento para alcanzar una cultura ambiental universitaria en

instituciones sostenibles. Los tres constructos se complementan para una descripción integral de la CAU, considerando lo que en la actualidad caracteriza la cultura ambiental de la UNELLEZ, los factores organizacionales que la circunscriben y los requerimientos para alcanzar una CAU para instituciones sostenibles, como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Integración de constructos para alcanzar una cultura ambiental para universidades sostenibles
Elaboración Propia.

En este circuito, que se muestra en la figura 1, se entiende a la CAU en forma dinámica, cuyas características de la actualidad en proceso dialógico, darán paso de manera recursiva a la transformaciones de los factores organizacionales para la gestión ambiental y estos a su vez procurarán nuevos requerimientos para mejorar la CAU. En el proceso de esta trilogía cultura actual - factores organizacionales - nuevos requerimientos, se evidencia la transformación universitaria y el carácter de transmisibilidad de la cultura.

Cada constructo se sustenta de diversas categorías y subcategorías de manera selectiva, así como de los elementos teóricos asumidos para la investigación, tales como: elementos de cultura (normas, creencias, valores, transmisibilidad y actitudes); cultura organizacional; gestión ambiental; y, elementos para definir una universidad sostenible, según RISU (2014). Se abordó desde el enfoque de la complejidad en los principios dialógico, de recursividad y hologramático.

Reflexiones finales no conclusivas

La UNELLEZ cuenta desde su actitud con una CAU de fortalezas declaradas, como resultado de un pensamiento ambiental que ha trascendido desde sus documentos originarios de fundación, de más de 40 años; igualmente nace con ofertas académicas de IV y V nivel que han coadyuvado con los asuntos ambientales. Del mismo modo, ha generado aportes al desarrollo regional de los llanos occidentales del país con orientaciones hacia la sostenibilidad, con grandes aportes relacionados con los recursos naturales y educación ambiental; en la función de extensión a través de una atención particular de su entorno que desde hace una década se apoya del servicio comunitario.

Otra posición favorable, más no útil en todo el sentido gerencial que representa, es su condición experimental que permite la flexibilidad para innovar, y responder a las necesidades de su entorno, así como acelerar los cambios que requieren los asuntos ambientales. Sin embargo, su carácter de no autonomía se ha convertido en una debilidad, como producto de la politización en contra del pensamiento plural que debe caracterizar a las universidades, en un constante proceso dialógico que permite la transformación social.

Vista la CAU, desde el principio hologramático y representada por los gerentes de la UNELLEZ, no existe una visión compartida entre los niveles gerenciales (alto y medio), lo que trae dificultades en el avance que se espera en la gestión ambiental (GA). Sin embargo, existe como factor arraigado que es “la universidad que siembra”, lema que la caracteriza desde su fundación, aun cuando dialógicamente en la actualidad se confronta a la falta de evidencias del mismo. En tal sentido la CAU se muestra débil en los valores y normativas que la definen en la actualidad, siendo incoherente entre lo que declara y lo que devela en la gestión de sus recursos. Quizás esta dicotomía entre el discurso ambiental para la sostenibilidad y la realidad ambiental institucional, es entre otras cosas, el resultado del arraigado enfoque naturalista que aún se evidencia por parte de los gerentes. Estos aspectos del pensamiento ambiental, sin duda deben ser atendidos para transformase en el amplio sentido de las implicaciones que tiene el desarrollo sostenible.

Entendiendo que el mundo requiere universidades comprometidas con el desarrollo sostenible, sin duda la UNELLEZ representa un espacio del conocimiento que desde su

propio proceso de transformación en la CAU podrá dar importantes aportes al desarrollo sostenible de los llanos occidentales, con sólidas contribuciones sobre el potencial natural y las oportunidades socioeconómicas. Es importante entonces, que la CAU se permee en todo su accionar de GA para la sostenibilidad, apuntando a instituciones que den ejemplo de responsabilidad socioambiental en todos sus espacios, y así con coherencia forme profesionales con ética ambiental. Una ética aprendida desde la ética reflejada en la práctica, en los propios campus donde fue formado

La complejidad organizativa de la UNELLEZ en cuatro estados del país, bajo una rectoría, coarta el avance de una gestión ambiental congruente y operativa. En este sentido, para avanzar, se requiere el engranaje paulatino y sistemático de políticas ambientales que hagan explícito el compromiso de los cuatro vicerrectorados. El cumplimiento del marco legan ambiental vigente, también se tiene que acompañar de cambios en las actuales normativas y reglamentos internos que contemplen la inserción de la dimensión ambiental en sus funciones sustantivas, y que apunten a campus sostenibles.

Es de especial relevancia en esta reflexión, la realidad de nuestras universidades que no escapan a la necesidad de desarrollar una genuina cultura ambiental y una gestión universitaria pertinente y acorde a las necesidades del mundo actual para el cumplimiento cabal de sus funciones sustantivas y; por ende, el asumir el auténtico liderazgo que le corresponde en su aporte hacia la sostenibilidad planetaria transgeneracional.

Referencias Bibliográficas

Andrade H. (1996). El papel de la cultura y la comunicación en las crisis organizacionales. Razón y Palabra. [Documento en línea]. En: http://www.razonypalabra.org.mx/anteriores /n4/andrade.html [Consulta: noviembre 4, 2015].

Bruni, J. (2012). Políticas públicas para el financiamiento de la educación. [Documento en línea]. En: http://www.cerpe.org.ve/tl_files/Cerpe/contenido/documentos/Actualidad%20Educativa /11%20-%20Financiamiento%20-%20Bruni. [Consulta: febrero 19, 2017].

Bayón, P. (2006). Educación Ambiental, participación y transformación social sostenible en Cuba. Revista Interface, 2(4), 89-104. [Documento en línea]. En: http://biblioteca.filosofia.cu/php/export.php?format=htm&id=2335&view=1[Consulta: abril 14, 2017].

Contreras, F.; Castro, G. (2013). Liderazgo, poder y movilización organizacional. En: Revista Estudios Gerenciales. Enero-marzo, vol. 29, no. 126.Pp. 72-76.

Doina, R.; Mirela, S.; Constantin, R. (2008). The organizational culture and the factors of its formation. In: Academic Journal. December 2, vol. 17, no. 4, Pp. 559-562.

Daft, R. y Steers, R. (1992). Organizaciones: El comportamiento del individuo y de los grupos humanos. México: Limusa.

Evan, W. (1976). Organization theory structures. Systems and environments. New York: J. Wiley and Sons. Pp 312.

García, F.; Cordero, A. (2007). Equipos de trabajo: forma organizativa de la economía basada en el conocimiento. En: Economía y Sociedad. Julio-diciembre, vol. XII, núm. 20. Pp.17-33.

González, J.; Parra, C. (2008). Caracterización de la cultura organizacional. Clima organizacional, motivación, liderazgo y satisfacción de las pequeñas empresas del valle de Sugamuxi y su incidencia en el espíritu empresarial. En: Pensamiento y Gestión. Diciembre, núm. 25. Pp. 40-57.

Gómez, D. y Sarsosa, K. (2011). Características de la cultura organizacional y comunicación interna en una comercializadora de lácteos de Cali. En: Pensamiento Psicológico, vol. 9, no. 17. Pp. 57-68.

Gutiérrez, J. (2012). Redefinición y tendencias del concepto de estrategia para el Gerente colombiano. En: Estudios Gerenciales. Enero-marzo, vol. 28 no. 122. Pp. 153-167.

Haferkamp, Hans y Neil J. (1992). Smelser, eds. Social Change and Modernity. Berkeley: University of California Press.

Hernández, G. y Cendejas, G. (2006). Los nuevos ejes de la cultura organizacional de las empresas e Instituciones en el Siglo XXI. En: Razón y Palabra. Agosto-septiembre, vol. 11, no. 52. Pp.57.

Hidalgo, C. (2016). Posibilidades para la ambientalización de la educación superior en América Latina: propuestas teóricas y experiencias. Transformación de la praxis educativa ambiental en la docencia universitaria. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. A.A. 56006 - Medellín – Colombia.

RISU. (2014). Resumen Ejecutivo. Definición de indicadores para la evaluación de las políticas de sustentabilidad en universidades latinoamericanas. Trabajar juntos para progresar juntos

Kreitner, R. y Kinicki, A. (1997). Comportamiento de las organizaciones. Madrid: McGraw-Hill. Pp. 534.

Koontz, H. y O'Donell, C. (1972). Curso de Administración Moderna. Editorial Mc. Graw Hill, New York. Pp. 2.

Kozlowski, S. e Ilgen, D. (2006). Enhancing the effectiveness of work groups and teams. En: Psychological science in the public interest.vol. 7, no 3, pp. 77-124.

López, F. (2015). Educación Superior Comparada: Tendencias Mundiales y de América Latina y Caribe. [Documento en línea]. En: https://www.

submission.scielo.br/index.php/aval/article/viewFile/156078/9523. [Consulta: febrero 19, 2017].

Maturana, H. (1999). Transformación en la convivencia. Santiago: dolmen ediciones. Pp.56.

Montoya, I.; Montoya, L. (2005). Visitando a Mintzberg: su concepto de Estrategia y Principales Escuelas. En: Revista EAN. no 53, Pp. 84-93.

Ochoa, O. e Hidalgo, C. (2016). Caracterización de la Cultura Ambiental en la Gestión de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado. (UCLA). Edición electrónica Revista Científica Compendium No. 37, Diciembre. Barquisimeto. Venezuela.

Parra, M. (2016). Educación Superior en Iberoamérica informe. Informe Nacional: Venezuela [Documento en línea]. En: https://www.cinda.cl/wp-content/uploads/2016/11/VENEZUELA-Informe-Final. [Consulta: febrero 19, 2017].

Ramírez, L. (2015). Sostenibilidad o Pensamiento Ambiental. II Congreso UPC Sostenible. [Documento en línea]. En: https://www.upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/8210/59_Luz_Arabany.pdf?sequence=1 [Consulta: diciembre 19, 2016].

Velasco, A. (2009). Epistemología de la representación del cambio social. EPISTEME NS, VOL. 29, diciembre, Nº 2. Pp. 115-144.

Venezuela 2013. Segundo Plan Socialista de Desarrollo Económico y Social de la Nación 2013-2019. Gaceta Oficial Nº6.118 (Extraordinaria), Caracas, diciembre 5.

Venezuela 2008. Programa Nacional de Formación de Educación Superior. Resolución 2.963. Gaceta Oficial N° 38.930, Caracas, mayo 14.

Venezuela 2005. Ley de Servicio Comunitario del Estudiante de Educación Superior. Gaceta Oficial N° 38.272 (Extraordinaria) Caracas, septiembre 14.

Venezuela 1970. Ley de Universidades. Gaceta Oficial N° 1.429 (Extraordinaria) Caracas, septiembre 8.

CAPÍTULO 6

EL ANALISIS FACTORIAL EN LA EVALUACIÓN DE COMPONENTES, FACTORES E INDICADORES DE CALIDAD DE VIDA

(FACTORIAL ANALISYS IN COMPONENT EVALUATIONS, FACTORS AND INDICATORS OF LIFE QUALITY)

Nahir Carballo[1], **Edgar Jaimes**[2]

[1]Dra. en Ambiente y Desarrollo. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[2]Dr. en Ciencias del Suelo. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Universidad de Los Andes. Trujillo. Venezuela.

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue determinar los componentes, factores e indicadores de un nuevo constructo de calidad de vida, utilizando los datos provenientes de la aplicación de un modelo de encuesta multipunto a 408 familias residenciadas en el conjunto residencial Ezequiel Zamora, localizado en la ciudad de San Carlos, capital del estado Cojedes, Venezuela. La hipótesis de trabajo que orientó esta investigación estableció que el índice de calidad de vida es un parámetro multifactorial y predictivo de la calidad de vida; no obstante, hasta el momento no ha sido posible definir el número de sus componentes, factores e indicadores requeridos para formularlo como tal y que sea preciso y confiable para calcular la calidad de vida de un determinado sitio. Se realizó un estudio estadístico exploratorio, con el objeto de detectar, analizar y extraer los ítems y casos perturbadores estadístico, utilizando simulación Monte Carlo; luego se aplicó el análisis factorial confirmatorio y las pruebas de KMO y de Bartlett como métodos de estudio multivariados para comprobar dicha hipótesis. El análisis factorial confirmatorio resultó el método de estudio más adecuado para comprobar la hipótesis de trabajo y, en consecuencia, permitió la formulación de un nuevo constructo de la calidad de vida. Se concluye que el nuevo constructo de calidad de vida está conformado por dos (02) componentes principales, diez (10) factores y cuarenta (indicadores), mismo que servirá para la futura definición de un modelo multivariado más eficaz en la estimación de la calidad de vida de un determinado sitio.

Palabras clave*: indicadores, pruebas de KMO-Bartlett, simulación Monte Carlo, calidad de vida.*

SUMMARY

The aim of this work was to determine the components, factors and indicators of a new life quality construct, using data from an application of a mutipoint survey model of 80 families settled in the residential complex Ezequiel Zamora, located in the city of San Carlos, Cojedes state, Venezuela. The hypothesis that oriented this work stablished that the Life Quality Index is a multifactorial parameter and predictive of life quality; although, it has being impossible to define its numbers of components, factors and indicators require to formulate it yet, it is to say, to be precise and reliable to calculate life quality in a certain place. An exploratory study was done with the objective of detection, analyze and extract the statistical items and outlier data, a Monte Carlos simulation was used; after that a confirmatory factorial analysis was performed and the Barlett and KMO tests were used as multivariate study methods to proof the hypothesis. The confirmatory factorial analysis resulted in the most adequate study to confirm the work hypothesis, which in turn allowed the formulation of the new quality of life construct. It was concluded that the new quality of life construct is confirmed for two (02) principal components, ten (10) factors and forty (40) indicators; this will be used for the future definition of a more efficiency multivariate model for the estimation of quality of life in a determinate place.

Keywords: *indicators, KMO-Barlett tests, Monte Carlo Simulation, quality of life*

Introducción

El concepto de calidad de vida fue propuesto por Palomba (2002), como un constructo multidimensional que involucra políticas sociales tendientes al logro de buenas condiciones de vida objetivas y un alto grado de bienestar subjetivo, incluyendo la satisfacción colectiva e individual de necesidades para un buen vivir de la gente; tomando en cuenta que tal cualidad está estrechamente asociada a cuatro factores principales; a saber: (1) Los factores materiales, entendidos como los recursos que dispone la gente en términos de salud, trabajo, vivienda, educación, ahorros disponibles, entre otros; (2) Las condiciones socio-ambientales, tales como la presencia y acceso a servicios, grado de seguridad y criminalidad, transporte y movilización, habilidad para servirse de las nuevas tecnologías y, particularmente, las características del hogar; (3) Los factores de relacionamiento, como las relaciones familiares, las amistades, las redes sociales; entre otros, y (4) Las políticas públicas, que son las disposiciones institucionales dirigidas a ordenar, administrar y hacer efectivos los planes de gobierno en un contexto social, político y territorial dado.

Por su parte, Hernández (2009) resalta el enfoque sistémico bajo el cual debe asumirse este constructo social, vinculándolo a la interacción de tres dimensiones básicas: (1) La

calidad ambiental, la cual involucra la estructura de todo lo construido y la relación entre sus partes, según las distintas escalas en que puedan percibirse esas relaciones; es decir, yendo desde la más próxima: la vivienda y el vecindario; pasando por el barrio y la ciudad hasta llegar a la forma en que la ciudad se relaciona con el territorio y percibe su huella ecológica; (2) El bienestar, entendido como la satisfacción en la provisión de los bienes y servicios definidos como básicos y que deberían ser garantizados institucionalmente; por ejemplo: el empleo, la salud, la cultura, la vivienda; así como el acceso a bienes económicos; y, (3) La identidad, que hace referencia al grado de pertenencia o apropiación que hacen las personas de su hábitat y la forma en que participan en la construcción social del mismo, incluyendo además la forma en que se ejercen sus derechos políticos en ese contexto territorial.

En el contexto de este análisis teórico-conceptual, es pertinente incluir el modelo factorial propuesto por Jaimes, Carballo y Mendoza (2014), según el cual la calidad de vida es un constructo social complejo producto de la interacción de siete (07) factores: (1) Impacto fisiológico, el cual agrupa las variables que afectan biológicamente el organismo de las personas; (2) Impacto Psicofisiológico, relacionado con las variables que afectan psicológica y fisiológicamente el organismo de las personas; (3) Desarrollo Cultural, entendido como la participación de las personas en actividades comunitarias, potencialidades culturales y de acción comunitaria; (4) Condicionamiento Psicosocial, integrado por los aspectos que afectan la conducta social de las personas, su seguridad y su efecto en la comunidad; (5) Dependencia Ecológico – Ambiental, mismo que refleja la relación del hombre con su entorno en términos de la armonización de las ofertas ambientales y las demandas antropogénicas de materia y energía, incluyendo además los criterios de uso racional del mismo; (6) Vulnerabilidad y Riesgos, el cual incluye las vulnerabilidades psico-físicas; socio-ambientales y socio-económicas a las que están expuestas las personas o comunidades; y, (7) Derechos Ciudadanos, que considera el ejercicio y defensa de los derechos civiles, así como el cumplimiento de los deberes y obligaciones ciudadanas.

Recientemente, Carballo *et al*. (2016) con base en el modelo de siete (07) factores formulado por Jaimes, Carballo y Mendoza (2014), lograron determinar para el conjunto residencial Ezequiel Zamora, localizado en el municipio San Carlos, del estado Cojedes, un

tamaño de muestra igual a 150 familias, que es suficiente para realizar la evaluación de la calidad de vida en sectores urbanos, con una alta confiablidad estadística. La data utilizada por Carballo *et al*. (2016) fue previamente evaluada a través del método de simulación Monte Carlo, incluido en el software Statistica v.7.0. La información fue obtenida mediante una encuesta multipunto, discretizada con 80 indicadores de medición de condiciones de vida urbana, misma que fue aplicada a 408 familias que viven en el conjunto habitacional "Ezequiel Zamora" de San Carlos, estado Cojedes.

Los resultados de la estimación de suficiencia muestral mostraron que el método no paramétrico de regresión, de distribución libre Asintótica, que no requieren el supuesto de multinormalidad, originaron matriz de varianza-covarianza no Gramiana; igualmente el método paramétrico de mínimos cuadrados generalizados-máxima verosimilitud, bajo el supuesto de data en escala categórica, produjo una matriz de covarianza no Gramiana; por el contrario, el método simulado bajo el supuesto de escala continua y multinormalidad, resultó en el procedimiento más adecuado para la estimación del mejor tamaño muestral, determinándose que un mínimo de 150 es un tamaño de muestra suficiente para realizar el estudio de los factores e indicadores de calidad de vida en la comunidad antes mencionada.

El objetivo de este trabajo fue determinar el número de factores, componentes e indicadores de calidad de vida, para las condiciones del conjunto habitacional Ezequiel Zamora, utilizando la base de datos, previamente generada, cuya estructura requiere de una reducción mediante la técnica multivariada del análisis factorial confirmatorio, necesario para una primera aproximación a un modelo estadístico-matemático del constructo calidad de vida.

Materiales y Métodos

Premisa básica de trabajo

Visto que el fin último de este trabajo de investigación es el aporte metodológico para evaluar la calidad de vida en comunidades, se planteó como hipótesis de trabajo la siguiente Idea-Fuerza: el índice de calidad de vida es un parámetro multifactorial de carácter predictivo de la calidad de vida; no obstante, hasta el momento no ha sido posible definir el número de factores, variables e indicadores requeridos para calcular un parámetro preciso y

confiable de la calidad de vida de un determinado sitio. En razón de lo anterior el uso de la técnica de análisis factorial confirmatorio permitirá verificar las relaciones formuladas y comprobar estadísticamente estos supuestos.

Métodos y técnicas de investigación

Se aplicó el análisis factorial confirmatorio como método multivariado a fin de comprobar la hipótesis de trabajo antes formulada, teniendo como bases referenciales el modelo de siete (07) factores, veintiún (21) componentes y ochenta (80) indicadores, inicialmente propuesto por Jaimes *et al*. (2014) y el análisis muestral realizado por Carballo *et al*. (2016). El análisis factorial confirmatoria se utilizó para reducir la estructura de los datos, con el propósito de determinar el número de factores, variables e indicadores de calidad de vida. La técnica de cálculo empleada fue el software Statistica v.7.0 (StatSoft, Inc., 2012), utilizando datos discretos de los indicadores de calidad de vida obtenidos a partir del modelo de encuesta GENCAT, propuesta por Verdugo, *et al*. (2009); aplicada a 408 familias residentes en el conjunto habitacional Ezequiel Zamora, de San Carlos.

Preparación y manejo de la matriz de datos originales

A partir del análisis de funcionalidad de calidad de datos, realizado mediante un estudio estadístico exploratorio, con el objeto de detectar, analizar y extraer los ítems y casos perturbadores estadístico y, seguido de la estimación de suficiencia muestral para el análisis estadístico multivariado, utilizando simulación Monte Carlo; se procedió a efectuar el análisis factorial confirmatorio. Los ítems perturbadores estadísticos detectados fueron 19, correspondiendo a los indicadores identificados con los números 2, 3, 6, 8, 12, 14, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 26, 32, 33, 45, 56, 73 y 78; mismos que no fueron incluidos en el análisis factorial por tener un efecto fijo sobre el constructo calidad de vida; además, algunos indicadores presentaban varianza nula y otros tenían una alta centralidad alrededor del valor de la mediana (mínima varianza).

Cabe resaltar que estos indicadores sustraídos arrojan la necesidad de reformular las preguntas en el modelo original, formulado por Jaimes, Carballo y Mendoza (2016) y replantear los indicadores ya que los mismos no fueron representativos estadísticamente en el análisis inicial.

Los casos (familias) perturbadores estadísticos, detectados fueron 53 (1, 6, 11, 12, 17, 18, 20, 21, 23, 28, 38, 51, 64, 67, 71, 78, 83, 93, 116, 133, 146, 154, 169, 171, 186, 189, 193, 195, 199, 209, 221, 224, 225, 228, 230, 235, 236, 237, 238, 239, 253, 259, 268, 269, 270, 283, 288, 302,305, 327, 328, 368 y 394), los cuales fueron sustraídos del análisis factorial, por las mismas razones estadísticas (varianzas nulas o mínimas), antes explicitadas.

Aplicación del análisis factorial confirmatorio

Una vez demostrado que la data utilizada para el estudio sigue una distribución normal multivariante y posee suficiencia muestral, se procedió a realizar el análisis factorial, el cual se aplica en vista de tener un conocimiento preliminar del modelo de calidad de vida y su estructura (Cordero,1998); por lo que se generaron las hipótesis necesarias acerca de la relación de causalidad entre los indicadores, componentes y factores originales del modelo y su clasificación posterior; así mismo se restringe el valor de algunos parámetros del modelo antes de calcularlo; lo que permite que el modelo a priori formulado, sea contrastado con el resultado muestral obtenido. En este aparte realizo el análisis tomando en cuenta los siguientes aspectos: Aplicación de la Estadística Descriptiva multivariada; variabilidad conjunta de todos los indicadores (ítems), para los casos (familias) evaluadas; selección del número de factores óptimos, suficientes para explicar el constructo en estudio; Modelación estadística-matemática del constructo calidad de vida, en función de los factores óptimos.

Resultados y Discusión

Aplicación de la estadística descriptiva multivariada

La finalidad de este análisis fue comprobar la pertinencia de utilizar el método factorial confirmatorio en el dimensionamiento del constructo calidad de vida; lo cual requirió del método de Análisis por Componentes Principales (ACP). Se utilizó la prueba de Káiser-Meyer-Olkin (KMO), para estimar que tan fuerte y adecuada es la solución factorial; así como la prueba de esfericidad de Bartlett (Referencia), con el objeto de verificar que la matriz de correlación no es una matriz identidad y que existe una cierta correlación entre las variables, sin llegar a una multicolinealidad fuerte (Tabla 1).

Tabla 1

Resultado de las pruebas de KMO y de Bartlett.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		0,774
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	6.827,392
	Gl	1.770,0
	Sig.	0,000

Cuando el KMO es ≥ 0,5; muestra que la solución factorial es fuerte y adecuada; por su parte, la prueba de esfericidad de Bartlett, con un valor alto Chi-cuadrado y una alta significancia estadística, permite deducir que el modelo factorial confirmatorio es un método multivariado, para la data utilizada, adecuado para explicar el constructo "calidad de vida".

Cálculo de la matriz de correlación

Se utilizó para determinar la variabilidad conjunta de los indicadores (ítems), para los casos (familias) evaluadas. En efecto, el porcentaje de varianza explicada o comunalidades de cada ítem, en términos del aporte de los componentes a la explicación de las varianzas; es decir, la proporción de su varianza que puede ser explicada por el modelo factorial (Tabla 2), permitió comprobar que los ítems 11 y el 35, son los peor explicados por el modelo factorial, ya que el modelo solo es capaz de reproducir el 42,6 % y 44,4 %, respectivamente, de su 100 % de variabilidad original (1,00), de estas dos ítems; para los demás, el modelo factorial si es eficaz en reproducir más del 50 % de su variabilidad.

Tabla 2

Porcentaje de varianza explicada o comunalidades de cada ítem.

Ítems	Varianza		Ítems	Varianza		Ítems	Varianza		Ítems	Varianza	
	Inicial	Extracción		Inicial	Extracción		Inicial	Extracción		Inicial	Extracción
I1	1,000	0,648	I29	1,000	0,677	I47	1,000	0,713	I64	1,000	0,628
I4	1,000	0,639	I30	1,000	0,588	I48	1,000	0,611	I65	1,000	0,622
I5	1,000	0,605	I31	1,000	0,637	I49	1,000	0,538	I66	1,000	0,547
I7	1,000	0,540	I34	1,000	0,608	I50	1,000	0,604	I67	1,000	0,574
I9	1,000	0,635	I35	1,000	0,444	I51	1,000	0,703	I68	1,000	0,608
I10	1,000	0,618	I36	1,000	0,525	I52	1,000	0,595	I69	1,000	0,576
I11	1,000	0,426	I37	1,000	0,622	I53	1,000	0,707	I70	1,000	0,716
I13	1,000	0,667	I38	1,000	0,657	I54	1,000	0,670	I71	1,000	0,713
I18	1,000	0,641	I39	1,000	0,611	I57	1,000	0,642	I72	1,000	0,694
I19	1,000	0,691	I40	1,000	0,623	I58	1,000	0,669	I74	1,000	0,624
I20	1,000	0,591	I41	1,000	0,664	I59	1,000	0,657	I75	1,000	0,602
I21	1,000	0,689	I42	1,000	0,570	I60	1,000	0,658	I76	1,000	0,711
I22	1,000	0,632	I43	1,000	0,617	I61	1,000	0,644	I77	1,000	0,749
I27	1,000	0,578	I44	1,000	0,626	I62	1,000	0,699	I79	1,000	0,563
I28	1,000	0,535	I46	1,000	0,658	I63	1,000	0,669	I80	1,000	0,627

En la tabla 3, se muestra el porcentaje de varianza del modelo que es explicado por dieciocho (18) componentes. En la columna % de la varianza se indica que el primer componente explica el 14.38% de la variación total, el segundo explica el 5.464%, mientras que el tercero el 4.57%; de esta forma, los 18 componentes explican el 62.656% del comportamiento del constructo calidad de vida.

Tabla 3

Porcentaje de la varianza explicada del grupo de factores estimados factorial, a priori.

	Varianza total explicada		
	Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
Componente "Factor"	Total Autovalores de la matriz Varianza-Covarianza	% de la varianza	% acumulado
1	8,629	14,382	14,382
2	3,278	5,464	19,846
3	2,742	4,571	24,417
4	2,228	3,713	28,130
5	2,142	3,570	31,699
6	1,986	3,310	35,010
7	1,826	3,043	38,052
8	1,763	2,939	40,991
9	1,658	2,764	43,754
10	1,585	2,641	46,395
11	1,447	2,412	48,807
12	1,382	2,303	51,111
13	1,288	2,147	53,258
14	1,258	2,096	55,354
15	1,143	1,905	57,259
16	1,111	1,852	59,110
17	1,079	1,798	60,908
18	1,049	1,748	62,656

Sin embargo, el grafico de sedimentación (Figura 1), muestra que son suficientes 2 a 4 componentes para resumir el constructo calidad de vida**;** en el eje de abscisas se indica el

número de componentes y en el eje de ordenadas los autovalores o raíces características de esos componentes (Eigen values). Se aprecia la relación inversa entre la magnitud del coeficiente y el número de componentes. Desde que la magnitud del coeficiente mide el poder explicativo, se puede inferir que conforme se calculen más componentes el poder explicativo decrece. El punto de inflexión de la curva, señala el número ideal de componentes a seleccionar; confirmando así que el número mínimo ideal de componentes es de dos (2).

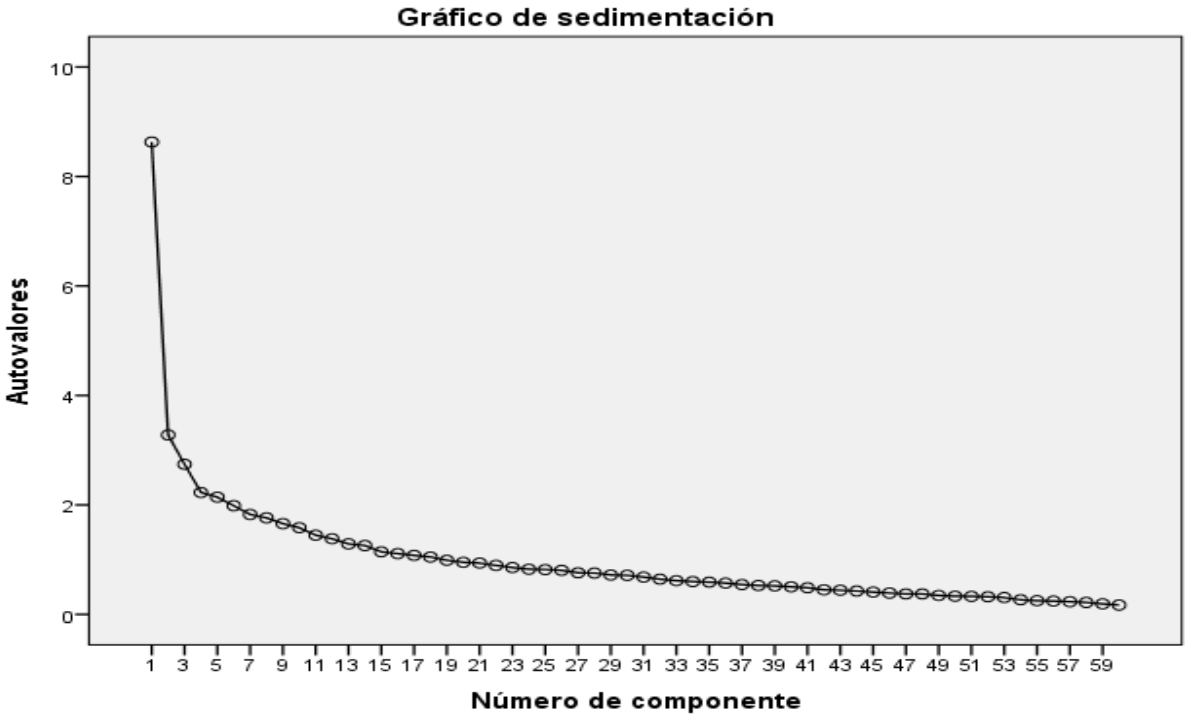


Figura 1. Representación gráfica del % de la variación explicada.

Selección del número de componentes óptimos para explicar el constructo en estudio

Los resultados están mostrados en la tabla 4; indicando el número de ítems que son representativos para cada componente. Este resultado es producto de la descomposición espectral derivada del análisis de los vectores propios (Eigen vectors) correspondientes, donde cada vector individual es llamado carga del componente y es interpretado como el grado de relación entre cada ítem y el componente.

Tabla 4

Agrupamiento de ítems para los 07 componentes principales.

Componente	Ítems
C1	5, 9, 18, 19, 20, 22, 27, 29, 30, 35, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 48, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 75, 76, 77, 79.
C2	13, 34, 44, 49, 50, 54, 65, 71, 74.
C3	72
C4	28, 41, 53, 66.
C5	1, 4, 21, 57, 80.
C6	10, 11, 36, 37.
C7	7, 31, 51, 52, 68.

Bajo las consideraciones y datos disponibles, estos resultados muestran que el modelo factorial es adecuado para el dimensionamiento del constructo calidad de vida.

Del análisis estadístico se observa la no coincidencia de los ítems originales agrupados en los componentes teorizados originales, esto podría interpretarse como la necesidad de reconsiderar la redacción de cada indicador, verificar, ¿qué es lo que verdaderamente pregunta? y, darle sentido y nombre al grupo de ítems de cada componente encontrado en el análisis multivariante. El modelo original propuesto por Jaimes *et al.* (2014), contempla siete (7) factores con 21 variables y 80 subvariables o indicadores para la valoración de la calidad de vida, sin embargo en este análisis se generó una nueva estructura para el constructo.

Definición de los componentes, factores e indicadores del constructo calidad de vida

El resultado preliminar estuvo centrado en la búsqueda del mejor ajuste del método factorial confirmatorio a la data disponible, a partir de la máxima variabilidad conjunta de todos los indicadores, teniendo como referente la matriz de correlaciones anti-imagen, toda vez que estos indicadores deben mostrar baja correlación o poca multicolinealidad entre ellos, lo cual es indicativo de una buena adecuación del modelo factorial.

Por su parte, si la matriz de correlación anti-imagen contiene una gran proporción de coeficientes elevados, el modelo factorial puede no ser adecuado para analizar los datos; por otro lado, los valores de la diagonal de esta matriz, es una medida de adecuación muestral, similar al KMO, pero para cada ítems individual, siendo una estimación de la unicidad de cada indicador, o sea, un estimación de lo que cada indicador tiene de propio y lo que no comparte con las demás; de esta manera, la correlación de un ítem consigo mismo es igual a uno (1,00), si no comparte información, que está representada por la diagonal principal de la matriz de correlación; pero si es menor de 1,00; significa que él no es puro y, por lo tanto, comparte información con otro.

En consecuencia, se tiene como regla general que los datos fuera de la diagonal principal deben ser "valores pequeños", por lo general menores a 0,5 ya que son expresión de una baja multicolinealidad; y los valores de la diagonal principal deben ser: o valores grandes, por lo general mayores a 0,5, preferiblemente cercanos o iguales a 1,00. En términos generales, se estima que un ítem con valor menor de 0,5 debe ser sustraído del análisis, ya que es muy redundante (multicolinealidad alta); de allí que se recomiende repetir tantas veces como sea posible el análisis factorial confirmatorio, hasta que la diagonal principal de la matriz de correlación tenga valores mayores de 0,5.

El estudio de la matriz de correlación anti-imagen, muestra que los valores fuera de la diagonal principal, para todos los ítems, tienen un valor pequeño adecuado para un análisis factorial, lo cual indica que no hay ítems muy redundantes y, en la diagonal principal, el ítem 68 tiene un valor menor de 0,5 (0,486), por tanto se sustrajo del análisis factorial confirmatorio, por ser un indicador que tiende a no ser independiente, si no que comparte información con otros indicadores.

En vista de la adecuación de la matriz de varianzas-covarianzas, capaz de expresar la variabilidad conjunta de todas los indicadores (ítems), se realizó de nuevo el análisis factorial confirmatorio para 07 componentes (Tabla 6), en la cual se muestra un resumen de nuevo agrupamiento de indicadores, obteniéndose una purificación óptima de la data. De acuerdo con los resultados expuestos en la Tabla 6, es evidente que seleccionando solo dos (2) componentes (C1 y C2) es posible redefinir el constructo calidad de vida.

Tabla 6

Agrupación de ítems para 07 factores.

Componentes	Ítems
C1	5, 9, 18, 20, 22, 27, 29, 30, 35, 38, 39, 40, 42, 43, 46, 47, 48, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 75, 76, 77, 79.
C2	13, 34, 44, 49, 50, 54, 63, 71, 74.
C3	19, 72, 80.
C4	28, 41, 53, 66.
C5	1, 4, 21, 57.
C6	10, 11, 36, 37.
C7	7, 31, 51, 52.

En efecto, el análisis factorial permitió determinar que de 80 indicadores del modelo original de Jaimes *et al*. (2014), solo 40 eran necesarios para elaborar el modelo de calidad de vida del sitio bajo estudio. De ese total de 40 indicadores, 31 están asociados a un componente el cual se ha denominado bienestar personal - comunitario, y los 9 restantes están vinculados a un segundo componente que se definió bienestar socio-ambiental.

Por su parte, los 31 indicadores del primer componte (bienestar personal – comunitario) se subdividieron en ocho (8) factores de calidad de vida; mientras que los 9 indicadores relacionados con el otro componente (bienestar socio-ambiental) fueron agrupados en dos (2) factores de calidad de vida. En la tabla 7 se muestra la reestructuración final de la operacionalización de los componentes, factores e indicadores resultantes del análisis multivariado realizado.

Resumen de Operacionalización de las variables del constructo Calidad de Vida

El análisis de los resultados antes expuesto permitió verificar la efectividad del método factorial confirmatorio para determinar las variables implícitas en la calidad de vida. En efecto, se pudo establecer que el constructo Calidad de Vida está conformado por dos (2) componentes principales; diez (10) factores y cuarenta (40) indicadores.

En la Tabla 7 se presenta un resumen de esta operacionalización, misma que será la base para redefinir un nuevo modelo de evaluación de la calidad de vida de un determinado sitio, principalmente de tipo urbano; modelo que mejora, en forma significativa, el alcance de los esquemas propuestos por Contreras y Cordero (1994); Palomba (2002); Hernández (2009) y el de Jaimes *et al*. (2014).

Tabla 7

Cuadro de operacionalización de variables resultante del análisis factorial.

CONSTRUCTO	FACTOR	COMPONENTE	INDICADOR	ÍTEMS
CALIDAD DE VIDA	BIENESTAR PERSONAL - COMUNITARIO	Impacto Psico-Fisiológico	Suministro Adecuado de Alimentos	1
			Armonía y convivencia comunitaria	2
			Cuido de la estética ambiental	3
			Disfrute de niveles de sueño y descanso adecuados	4
			Sentido de pertenencia por el entorno donde habita	5
		Condicionamiento Psicosocial	Aceptación religiosa, política, racial y cultural.	6
			Seguridad Social	7
			Controles y Planes de Seguridad en la comunidad	8
			Participación colectiva en los controles de protección y seguridad	9
			Inclusión social	10
		Desarrollo Cultural	Participación efectiva en actividades comunitarias	11
			Corresponsabilidad individual	12
			Corresponsabilidad colectiva	13
			Valor del conocimiento y comprensión social	14
		VULNERABILIDAD PSICO-FÍSICA	Armonía y tranquilidad social	15
			Políticas de seguridad comunitaria	16
			Organización para la seguridad comunitaria	17
			Organización para la seguridad individual o familiar	18
		VULNERABILIDAD SOCIO-AMBIENTAL	Existencia de servicios de protección socio-ambientales	19
			Planes de contingencia para eventos excepcionales	20
			Vulnerabilidad y riesgo ante la violencia social	21
		VULNERABILIDAD SOCIO-	Inserción en el mercado laboral	22

	ECONÓMICA	Poder adquisitivo	23
		Existencia de centros de economía formal de bienes y servicios	24
	Seguridad Agroalimentaria	Uso actual y potencial del entorno ambiental	25
		sustentabilidad agroproductiva del entorno	26
		Manejo, conservación y recuperación del entorno ambiental	27
	Seguridad Ciudadana	Acceso a las instituciones de protección social ciudadana	28
		Respeto al derecho de propiedad y bienes personales	29
		Respeto a la integridad física y moral del ciudadano	30
		Respeto a las instituciones de protección social ciudadana	31
BIENESTAR SOCIO-AMBIENTAL	Seguridad Socioambiental	Recolección y disposición de desechos sólidos	32
		Contaminación de Suelo, Agua y Aire	33
		Biodiversidad del entonto Ambiental	34
		Uso, manejo y recuperación del recurso suelo	35
		Incidencia de enfermedades infectocontagiosas	36
	Seguridad Socio-cultural	Ejercicio de los derechos civiles	37
		Acceso a medios para la defensa de los derechos civiles	38
		Garantía de ejercicio laboral según la Experticia profesional	39
		Visión compartida de los objetivos individuales y colectivos	40

Consideraciones Finales

El constructo original de calidad de vida, conformado por siete (7) factores, veintiún (21) variables y ochenta (80) subvariables o indicadores y que fue evaluado en este trabajo, representó la base que orientó la formulación de la premisa básica de trabajo y la definición del método de estudio para su redefinición o reformulación.

El análisis factorial confirmatorio, con base en las pruebas de Bartlett-KMO y en la verificación de la consistencia y optimización de la base de datos utilizada para esta investigación, fue el método de estudio más adecuado para comprobar la hipótesis de trabajo y, en consecuencia, la formulación de un nuevo constructo de la calidad de vida.

El nuevo constructo de calidad de vida está conformado por dos (02) componentes principales, diez (10) factores y cuarenta (indicadores), mismo que servirá de base para la

futura definición de un modelo multivariado para la estimación de la calidad de vida de un determinado sitio.

Referencias Bibliográficas

Arias, B. (2008). Desarrollo de un ejemplo de análisis factorial confirmatorio con LISREL, AMOS y SAS. http://www.benitoarias.com/articulos/afc.pdf.

Bollen, K. (1989). Structural equations with latent variables. New York: Wiley.

Brown, T. (2006). Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. New York: Guildford Press.

Byrne, B. (2006). Structural equation modeling with EQS. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers.

Carballo, N., Jaimes, E., Mendoza, J., Pineda, N., Garcés, Y. y Rodríguez, H. (2016). Calidad de vida y deterioro agroecológico en la comunidad del Retazo, municipio Ezequiel Zamora, Cojedes, Venezuela. Libro PEI. Edición 2016.

Choi, J., Peters, M., & Mueller, R. (2010). Correlational analysis of ordinal data: from Pearson´s r to Bayesian polychoric correlation. Asia Pacific Educ. Rev, 11, 459-466. doi: 10.1007/s 12564-010-9096-y.

Christoffersson, A. (1975). Factor analysis of dichotomized variables. Psychometrika, 40 (1): 5-32.

Cuttance, P. (2009). Issues and problems in the application of structural equation models. En P. Cuttance & R. Ecob (Eds.), Structural Modeling (pp. 241-280). New York: Cambridge University Press.

Flora, D, & Curran, P. (2004). An empirical evaluation of alternative methods of estimation for confirmatory factor analysis with ordinal data. Psychological Methods, 9(4): 466-491.

Forero, C., Maydeu-Olivares, A. and Gallardo-Pujol. D. (2009). Factor analysis with ordinal indicators: A monte carlo study comparing DWLS and ULS estimation. structural equation modeling. 16:625–641. En: http://www.ub.edu/gdne/amaydeusp_archivos/uls%20vs%20dwls%20sem09.pdf.

Gadermann, A., Guhn, M., & Zumbo, D. (2012). Estimating ordinal reliability for likert-tipe and ordinal item response data: a conceptual, empirical, and practical guide. Practical Assessment, Research & Evaluation, 17(3), 1-13.

Hernández, A. (2009). Calidad de vida y medio ambiente urbano. Indicadores locales de sostenibilidad y calidad de vida urbana. Revista INVI. 24(65):79-111.

Hoffmann, A., Stover, J., De la Iglesia, G. y Liporace, F. (2013). Correlaciones policóricas y tetracóricas en estudios factoriales exploratorias y confirmatorias. Ciencias

Psicológicas. VII (2): 151–164.

Holgado, F., Chacón, S., Barbero, I. & Vila, E. (2010). Polychoric versus pearson correlations in exploratory and confi rmatory factor analysis of ordinal variables. Quality & Quantity, 44(1): 153-166.

Hoyle, H. (2014). Handbook of structural equation modeling. Guilford Publications. p.740.

Jaimes, E., Carballo, N. y Mendoza, J. (2014). Calidad de vida y deterioro ambiental en tres comunidades rurales localizadas en los municipios Pampán y Urdaneta, estado Trujillo, Venezuela. El observador del conocimiento. Revista ONCTI. 2 (1): 57- 64.

Jöreskog, G. (2006). Factor analysis ordinal variables with full information maximum likelihood. http://www.ssicentral.com/lisrel/techdocs/orfiml.pdf.

Jöreskog, K., & Sörbom, D. (1999). LISREL 8: user´s reference guide. Lincolnwood, IL: Scientific Software International, Inc.

Lévy, M., Fuentes, M. y González, M. (2006). Optimización según estructuras de covarianzas. En J.P. Lévy Mangin y J. Varela (Eds.), Modelización con estructuras de covarianzas en ciencias sociales (pp. 11-30). Coruña: Netbiblo.

Ogasawara, H. (2011). Asymptotic expansions of the distributions of the polyserial correlations coefficients. Behaviormetrika, 38(2):153-168.

Patiño M. y Muñoz, Z. (2009). Sistema de ecuaciones estructurales: una herramienta de investigación. Centro Nacional de Evaluación para la Educación Superior, A.C. Ed. Ceneval. Mexico. D.C. 104 p.

Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the fit of structural equation models: Test of signifi cance and descriptive goodness-of-fit measures. Methods of Psychological Research Online, 8(2), 23-74.

CAPÍTULO 7

ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO Y DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SUB CUENCA DEL RÍO TINAQUILLO, ESTADO COJEDES, VENEZUELA

(CLIMATOLOGICAL ANALYSIS AND WATER QUALITY IN THE SUBBASIN OF THE RIVER TINAQUILLO, COJEDES STATE, VENEZUELA)

Marlenis Aguilar[1], Edgar Jaimes[2], Franklin Paredes[3]

[1]Dra. en Ambiente y Desarrollo. Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

[2]Dr. en Ciencias del Suelo. Universidad de Los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Trujillo. Venezuela.

[3]Dr. en Ingeniería. Universidad Nacional Experimental de Los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. San Carlos, estado Cojedes. Venezuela.

RESUMEN

Este trabajo tuvo por objetivo analizar los elementos del clima y de la calidad del agua en la subcuenca del río Tinaquillo, localizada en la cuenca del río Tinaco, estado Cojedes, Venezuela. La información climatológica fue obtenida de las estaciones meteorológicas localizadas en el área de la subcuenca en estudio y sectores cercanos a la misma. Los elementos climáticos considerados en el análisis fueron: pluviosidad, evaporación, humedad relativa, radiación y viento. Se determinaron las características físicas, químicas y microbiológicas del agua del río Tinaquillo mediante los métodos convencionales de laboratorio, utilizando muestras de aguas obtenidas en ocho puntos, de acuerdo con una sectorización realizada en tramos de igual longitud a lo largo del cauce del río, cuya longitud total es de 36.99 Km. Los puntos de muestreo se ubicaron en las zonas de mayor incidencia de actividades industriales, agropecuarias y residenciales. Los datos obtenidos mostraron que los elementos climáticos están influenciados por la dinámica de la Zona de Convergencia Intertropical en Venezuela; así como por las características del relieve en la subcuenca del río Tinaquillo, incluyendo la deforestación intensa ocurrida en las últimas décadas en la parte alta e intermedia de dicha subcuenca. La calidad del agua del río Tinaquillo está significativamente afectada en la parte intermedia y baja de dicho río en razón al incremento de las actividades agrícolas, pecuarias, industriales y urbanas, que en los últimos treinta años han incrementado las descargas de efluentes sin ningún tratamiento lo cual ha originado que en dichas aguas se observen altos valores de coliformes totales y fecales, materia orgánica e inorgánica, presencia de metales pesados; motivo por el cual se propusieron recomendaciones acordes con la realidad del deterioro ambiental existente en el área de estudio.

Palabras clave*: zona de convergencia intertropical, Venezuela, calidad del agua, deterioro ambiental.*

SUMMARY

The objective of this study was to analyze the elements of climate and water quality in the Tinaquillo River subbasin, located in the Tinaco River basin, Cojedes State, Venezuela. Climatological information was obtained from the meteorological stations located in the area of the sub-basin under study and sectors close to it. The climatic elements considered in the analysis were rainfall, evaporation, relative humidity, radiation and wind. The physical, chemical, and microbiological characteristics of the Tinaquillo river water were determined by conventional laboratory methods, using samples of water obtained in eight points, according to a sectorization carried out in equal distance sections, along the river bed, whose length is 36.99 km. The sampling points were located in the areas with the highest incidence of industrial, agricultural and residential activities. The data obtained showed that the climatic elements are influenced by the dynamics of the Intertropical Convergence Zone in Venezuela; as well as the relief features in the Tinaquillo River sub-basin, including the intense deforestation that occurred in the last decades in the upper and intermediate part of the sub-basin. The water quality of the Tinaquillo River is significantly affected in the middle and lower part of the river because of the increase in agricultural, livestock, industrial and urban activities, which in the last thirty years have increased the discharge of effluents without any treatment. which has led to high values of total and fecal coliforms, organic and inorganic matter, presence of heavy metals in these waters; reason for which recommendations were proposed according to the reality of the environmental deterioration existing in the study area .

Keywords: *Intertropical convergence zone, Venezuela, water quality, environmental deterioration.*

Introducción

Las cuencas son espacios socio geográficos donde las personas y sus organizaciones comparten el territorio, sus identidades, tradiciones y culturas; socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos (Faustino *et al*., 2006). Éstas se reconocen como un sistema debido a la existencia de interacciones entre el sistema natural (suelo-agua-biodiversidad) y el socioeconómico, que si bien éste no tiene un límite físico, sí depende de la oferta, calidad y disposición de los recursos. Los componentes de un sistema hidrográfico no siempre se encuentran dispuestos de manera coordinada, de aquí la importancia de la caracterización de estos espacios geográficos naturales, con el propósito de conocer el grado de intervención en función de la definición de planes de acción a corto, mediano y largo plazo.

En este sentido, el estado Cojedes cuenta con cuatro cuencas hidrográficas, tres de las

cuales son compartidas con estados vecinos, las mismas se encuentran divididas en subcuencas y microcuencas; tal es el caso de la cuenca del río Tinaco que nace en el estado Cojedes, específicamente en la parte norte del municipio Tinaquillo, conformada a su vez por cuatro subcuencas (Tinaquillo, Tinapún, Tamanaco y Tinaco bajo), distribuidas en la parte alta, media y baja de dicha cuenca.

La importancia a nivel regional de la subcuenca del río Tinaquillo se debe, en primer lugar, a que es la única subcuenca que forma parte de la cuenca del río Tinaco que nace en el estado Cojedes, donde se desarrollan una serie de actividades recreativas, deportivas y, en gran parte, proveedora de agua para el desarrollo de cultivos asentados en la misma; además que en su parte baja se prevé la utilización para usos piscícolas y de consumo humano, previa potabilización. En su connotación histórico-geográfica está asociada a descargas de efluentes con una alta carga de contaminantes procedentes de todas las actividades agropecuarias, humanas, e industriales que se ubican en la parte alta, unido a problemas de deforestaciones que conllevan a la degradación del suelo y agua. La utilización de agroquímicos, el mal uso de las tierras, la acumulación de desechos sólidos, peligrosos y no peligrosos, son factores que influyen significativamente en la degradación de los recursos naturales de esta subcuenca, en particular la pérdida en la calidad del agua.

En efecto, Paredes (2009) determinó que el río Tinaco ha disminuido su gasto medio diario a razón de 1.072 m^3/s por década, aunque la precipitación reportada en las estaciones hidrometeorológicas, identificadas con los códigos 2336, 2316, y 2308, que pueden considerarse representativas de la cuenca, no muestren tal tendencia; lo que hace suponer que tal comportamiento es consecuencia de los cambios en el uso de la tierra a nivel de la cuenca alta y media, así como por la sobreexplotación del cauce con fines de abastecimiento urbano, industrial y agropecuario.

De allí la necesidad de realizar la caracterización de la subcuenca, entendiéndose como el inventario detallado de los recursos y las condiciones físicas, socioeconómicas y ambientales, además de sus interrelaciones, dirigida fundamentalmente a cuantificar las variables que la tipifican, con el propósito de conocer las potencialidades y limitaciones de sus recursos naturales de la subcuenca del río Tinaquillo, en especial las del recurso hídrico

con miras a preservar el ambiente y mejorar las condiciones socioeconómicas de las comunidades que la habitan (Jiménez *et al*., 2015).

Esta caracterización pudiera servir de base al gobierno regional, para conocer las potencialidades de la subcuenca y cuenca en general, así como el grado de afectación producto del crecimiento anárquico de actividades que no están en concordancia con los planes de ordenamiento existente en el estado Cojedes, con el fin de tomar medidas para su mejor manejo y conservación.

El propósito de este trabajo es ofrecer un alcance de las características físicas, químicas, microbiológicas del agua de la subcuenca del río Tinaquillo; así como del ambiente físico natural y socioeconómico de la misma.

Materiales y Métodos

Localización

La subcuenca del río Tinaquillo forma parte de la red hidrográfica de la cuenca del río Cojedes. Se encuentra en el sistema montañoso del Caribe, separada por una falla tectónica de la cordillera de la costa. Esta cuenca nace en la fila Naranjales, al norte de la ciudad de Tinaquillo, con el nombre de río Tinaquillo, en los límites de Cojedes con Carabobo, y toma su nombre al unirse el río Tamanaco con el río Tinapún donde recibe el nombre de río Tinaco. Posteriormente recibe otros afluentes importantes como son el río Macapo, río Orupe, Caño la Canoa, para luego desembocar en el río Cojedes (Figura 1). La unidad de estudio fue la subcuenca río Tinaquillo (MARNR, 2004). Se encuentra localizada entre las coordenadas 8°53’00’’a 10°05’00’’ de latitud norte y 68°12’00’’ a 68°17’ 00’’de longitud oeste, en la jurisdicción de los municipios Tinaquillo, Tinaco, San Carlos y Pao de San Juan Bautista, en el estado Cojedes, con una extensión de 362.112,0 ha hasta el sitio de presa denominado El Potrero, donde el río cruza la cadena de Galeras del Pao (MARNR, 2004) y pertenece a la zona de vida de Bosque Húmedo Montano Bajo (Holdridge, 1987).

La cuenca del río Tinaco hasta el sitio Puente Tinaco presenta las siguientes características morfométricas: longitud axial (Km) de 44; Perímetro (Km) de 152; Factor forma (KC) de 0,32 pendiente media de 13.9%, pendiente media el cauce principal de 0.84

%; densidad de drenaje de 0.81 (Km/Km^2), orientación predominante de N-S; razón de alargamiento de 0,64, elevación modal de 466,7 msnm; elevación n media (msnm) 425; densidad de canales de 0,26 (Km^2 ·/cauce. (Ruiz, 1990: citado por Paredes, 2009)**.**

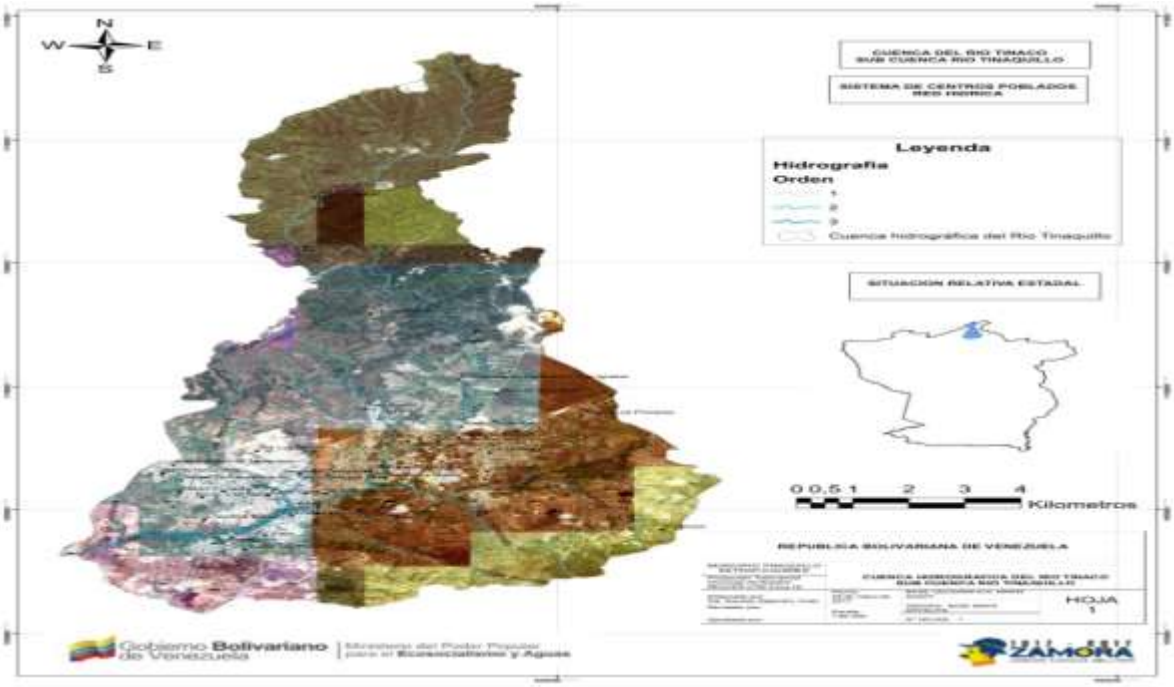


Figura 1. Área de la investigación, subcuenca del río Tinaquillo, MINEA, 2017.

Metodología

El área comprendida en esta investigación fue de 267,2 Km^2 que representa una cobertura del 18,75% del área total de la cuenca (1425 Km^2), teniendo su origen y final en los puntos de coordenadas de E:578016,28 y N:1113324,97 y E:571345,4 y N:1093256,59 respectivamente.

Con estimaciones de registros históricos, se evaluaron las características físico-naturales de la subcuenca del río Tinaquillo. La descripción climatológica del área de estudio se realizó a partir de los datos suministrados por la estación meteorológica de La UNELLEZ San Carlos Serial 2311, ubicada geográficamente al Norte 09°41´51´´ y Este 68°33´43´´ con una elevación de 160 msnm; donde los elementos estudiados fueron: temperatura, precipitación, evaporación, humedad, insolación, radiación y viento.

Es necesario señalar que la escogencia de la estación de San Carlos (UNELLEZ), localizada en la cuenca del río San Carlos, fue motivado a que era la única en el estado Cojedes con registros climáticos completos y los más largos y antiguos posibles, por lo que se tomó como referencia para la evaluación climatológica de la subcuenca del río Tinaquillo, correspondiente a la cuenca alta del río Tinaco. Para la temperatura y precipitación el periodo analizado fue desde 1981 a 1996), para la evaporación, los registros analizados van desde 1981 a 2003, la humedad relativa, insolación promedio y radiación promedio mensual, el periodo analizado abarcó desde 1981 a 1996. Para el viento se consideró como referente a Paredes (2009) en su libro de Nociones Básicas de Climatología, por no existir actualmente la data de valores disponibles para un periodo de años representativos para la estación Climatológica de la UNELLEZ San Carlos.

Con respecto a la geomorfología se utilizó el sistema de clasificación propuesto por Elizalde (1983), el cual ha sido aplicado de manera satisfactoria y consistente en regiones montañosas. Para la variable suelo, con apoyo de estudios existentes en el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas Cojedes, se llevó a cabo la identificación y clasificación taxonómica de los diferentes suelos presentes en el área de la investigación (MARN, 2008). La información relacionada con el componente vegetación se tomó de MARN (1997).

Respecto a la geología y recursos mineros, la información se tomó del estudio de caracterización económica de la cuenca del río Tinaco (Empresa Regional Desarrollo Hidráulicos Cojedes [ERDHC], 1997; MARN, 2008 y MARN, 2014) y al igual que la referente a recursos mineros no metálicos y recursos hidráulicos.

La información recabada procedente de fuentes cartográficas y escritas existente en organismos, instituciones e investigadores y de inspección de campo, fueron interpretadas y evaluadas con apoyo de un profesional de la Dirección Estadal de Ecosocialismo y Aguas Cojedes (MINEA). De igual forma se comparó con los estudios realizados anteriormente por el Ministerio del Ambiente (MARNR, 2004), para mejorar la calidad de los datos.

En relación a la caracterización socio-económica del área de estudio se analizaron aspectos de importancia como son actividades económicas, servicios básicos, fuentes de abastecimiento de aguas y actividades comerciales, distribución de la población y centros

poblados, del patrón de la ocupación del espacio y de las demandas de recursos naturales requeridos por el crecimiento de las actividades económicas y de la población en la subcuenca, así como actividades productivas, fueron extraídas del estudio de caracterización económica de la cuenca del río Tinaco, realizados por ERDHC (1997), MARN (2008) e INE (2011), cotejada con visitas de campo en la zona de estudio.

Finalmente la caracterización física, química y microbiológica del agua del rio Tinaquillo, se realizó mediante la sectorización de la subcuenca en tramos de igual distancia, a lo largo de todo el cauce cuya longitud es de 36.99 Km; donde los puntos de muestreo se ubicaron en las zonas de mayor incidencia de actividades industriales, agropecuarias y residenciales. Por ello, a lo largo de todo el cauce se establecieron ocho (8) puntos de muestreos los cuales se describen en la Tabla 1. En la Figura 2, se presenta una visualización de los puntos de muestreo anteriormente descritos.

Tabla 1

Puntos de Muestreo

Puntos	Ubicación	Coordenadas	
		Norte	Este
1	2 Km del Naciente	1111557	578472
2	Aguas bajo sectores pueblo nuevo y la Coromoto	1107270	575782
3	Aguas abajo de la actividad minera	1101468	578677
4	Aguas abajo poblado san Ignacio	1096948	576920
5	Tinaquillo Sector Miranda	1096284	576632
6	Aguas abajo del sector El Palomar	1095523	576058
7	Aguas abajo del sector Apamates	1093959	573900
8	Después de la confluencia con la quebrada la Candelaria	1093498	571888

Elaboración Propia.

La toma de muestras se realizó siguiendo los métodos de ensayo descrito por la APHA, AWWA y WPCF Estándar for Examination of Water and Wastewater (2012). Se tomó una alícuota simple del agua del río de la subcuenca (Santos, 1989). El muestreo se realizó durante los meses de marzo - abril 2016. Se analizaron los parámetros de: DBO_5, DQO, sulfuros, sulfatos, sólidos totales, sólidos disueltos, cloruros, fenoles y sólidos sedimentables, plomo y contaminación fecal, entre otros.

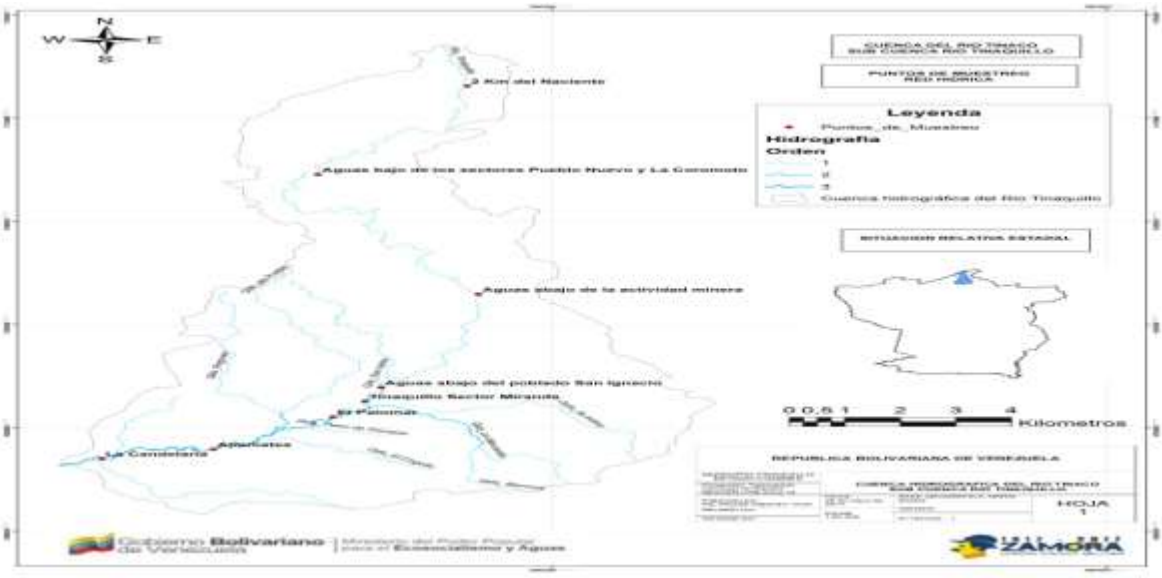


Figura 2. Mapa de puntos de muestreo de agua.

Las muestras se llevaron al laboratorio de calidad del agua del Ministerio de Ecosocialismo y Aguas Aragua con sede en el sector La Morita, estado Aragua, previa la preservación de la misma con el reactivo indicado para el tipo de parámetro a analizar. La realización de la evaluación de la calidad del agua de la subcuenca del río Tinaquillo se realizó en época de estiaje en el año 2016 y durante los meses: marzo – abril (Paredes, 2003).

Los resultados se compararon con los parámetros normados para descargas a cuerpos de agua según el artículo 10 del Decreto 883 el cual señala: “A los efectos de este Decreto se establecen los rangos y límites de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados en forma directa o indirecta a ríos, estuarios, lagos y embalses” y al Capítulo II (Clasificación de las Aguas)…Aguas Tipo 4: Destinadas para balnearios, deportes acuáticos, pesca deportiva, comercial y de subsistencia. Segregadas en los siguientes subtipos: Subtipo 4ª: Aguas para el contexto humano total y Subtipo 4B: Aguas para el contexto humano parcial.

Resultados y Discusión

Respecto al elemento temperatura, se determinó que su valor medio anual es de 28.2°C, con una máxima y mínima media mensual de 33.4°C y 25.4°C, respectivamente;

observándose una amplitud de variación de 10.8°C. La amplitud de variación entre la temperatura media del mes más cálido y el mes más frío es de 4.0 °C. También se apreció que en el periodo comprendido entre septiembre y enero, la temperatura media es más baja en comparación con el resto del año. Por el contrario, los valores más bajos ocurren en los meses de julio a enero; en cambio los más elevados se presentan desde mediado del período seco hasta finales del mismo. Una vez que empieza a llover, la alta temperatura tropical disminuye levemente.

El comportamiento general de la precipitación en la subcuenca, está definido por un promedio anual de lluvia mayor que la pérdida de humedad del suelo, por efecto de evapotranspiración real. Los menores valores de precipitación se observan a menor altitud dentro de la subcuenca, registrándose un valor medio anual de 1538 mm. La cantidad de lluvia anual fluctúa alrededor de 1500 mm y, según el criterio de Holdridge (1979), la mayoría de las localidades de esta región llanera corresponden a la zona de vida de bosque seco tropical.

La evaporación media anual se encuentra en 1962,2 mm con marcadas diferencias en los totales anuales que oscilan entre 1830 mm y 2100 mm. Los picos más altos de evaporación se observan durante los meses de febrero, marzo y abril, con registros de 205.4 mm, 241,07 mm y 202,15 mm respectivamente. Los meses de mayo, junio, julio y agosto presentan los registros más bajos. La evaporación promedio mensual para el mes más crítico es de 131,02 mm, entendiéndose como el mes más crítico el mes donde cuyo valor resultó más alto.

La humedad relativa media muestra gran variabilidad a lo largo del año, fluctuando entre 64% y 87%. Los registros mínimos están asociados con el período de menor precipitación; en cambio los máximos se alcanzan durante los meses de lluvia (Minamb, 2008).

La insolación se define como el número de horas en que el sol brilla durante el día (cuando no es ocultado por las nubes) (Álvarez, 1983: citado por MARNR, 2008). Esta variable climática en la región varía de 150 horas a 250 horas mensuales. Los valores más elevados se alcanzan durante la época seca. Los más bajos ocurren durante los meses más lluviosos (Minamb, 2008).

El patrón eólico, según Paredes (2009), presenta un patrón determinado por el movimiento de la zona de convergencia Intertropical (ZCIT); en efecto, entre los meses de diciembre y marzo la ZCIT se sitúa al sur de Venezuela; en consecuencia, durante este periodo el país está bajo la influencia de los vientos alisios del Nor-Este (NE), provenientes de la celda de alta presión emplazada semipermanentemente sobre el Atlántico Subtropical Norte (ASN), predominando la sequía; por el contrario, durante los meses de abril y noviembre, el país está bajo la influencia de la ZCIT que se sitúa plenamente en Venezuela, originando el periodo de lluvias ya que tiene lugar la convergencia de los vientos alisios del NE y del SE, estos últimos provenientes del núcleo de alta presión del Atlántico Subtropical Sur (ASS).

La geomorfología en la subcuenca está conformada por grandes unidades de paisaje entre los cuales se pueden citar: 1) La zona montañosa, donde nacen los ríos Macapo, Orupe y Tamanaco; 2) La zona de colinas bajas y galeras al Este, donde nace el río Tinapún, y al Norte, adyacente a las estribaciones montañosas; 3) El Piedemonte, constituido por la altiplanicie baja, los conos de deyección, los abanicos aluviales y los pequeños valles encajados; 4) Las planicies aluviales intermedias; 5) Las Planicies aluviales terminales; y, 6) Los entalles recientes de los ríos principales, como el Tinaquillo, Tinaco y Cojedes..

En general, predominan las montañas de piedemonte, colinas altas, altiplanicies y planicies intermedias, con pendientes entre 0% – 60%. El área en estudio se caracteriza por estar significativamente intervenida debido al urbanismo anárquico (producto del acelerado crecimiento poblacional en la actualidad), estimándose que del área total de la subcuenca el 24% se encuentra urbanizada (MINEA, 2017).

Las características morfológicas, físico-químicas y biológicas de los suelos localizados en el área de estudio, derivan de combinaciones específicas de factores y procesos formadores indicadas en los estudios de suelos realizados en la zona (Jaimes, 2017). En la tabla 2 se aprecia su clasificación taxonómica.

Tabla 2

Asociaciones, clasificación taxonómica y capacidad de uso de los suelos.

Asociaciones	Clasificación	Clases
(E6)p5e3-(IO)p 5e-(AO)5e	LiticUstorthents-liticUstropepts-LiticHaplustalf, fuerte pendiente, fuerte erosión.	VII ts8e
(E6)p4e3-(IO)p4e-(AO)p4e	LiticUstropepts, LiticHaplustalf, moderada pendiente, moderada erosión.	VI ts4e
(I3/VO)5 r4 (VO)2 r4 (VO)2r2p2	AericTropaquepts/TypicChromusterts, fuertepedregosidad 50% Typic/OxicHaplustults, 20% Typic/OxicHaplustults, moderada pedregosidad, ondulado 20%	Vs V1s Iits
(AO/VO)3 r2 g4 (AO/VO)3 r4 (I3/VO)3 d1	UlticHaplustalf, Haplustults, suavementeondulado 30% UlticHaplustalf, TypicHaplustults, fuertementepedregoso 30% AericTropaquepts, TypicChromusterts 30%	IIIs Vs Vds
(I3/VO)7 r4 (AO/UO)2 r3	AericTropaquepts/TypicChromusterts 70% TypicHaplustalf/TypicHaplustults 20%	Vs IIIts
(I3/VO)7 d1 (E6)2 r5	AericTropaquepts/TypicChromusterts 70% TypicUstorthents, severapedregosidad 20%	Vds VIIs
(I3/VO)4 r4 (AO)3p3 (AO)2 r4 p3	AericTropaquepts/TypicChromusterts 40% UlticHaplustalf, ondulado 30% UlticHaplustalf, muy fuerte pedregosidad, ondulado 20%	Vst Ivt Vist
(VO/V1)5 i2 (IO/MO)3	TypicChromusterts/Pellusterts, inundablesocasional 50% TypicUstropepts/Haplustolls 30%	Ivsd I
(A3/A6)5 d1g4 (AO/A2)4 d2g4	AericTropaqualfs/TypicPlinthaqualfs, pesados,drenaje pobre 50% OxicHaplustalfs/UlticPalenstalfs, pesado, drenaje imperfecto 40%	Vids IIIs

Fuente: MARN, 1994.

La vegetación predominante en la zona está formada por arbórea, matorrales, herbácea y una zona sin cobertura, prácticamente la parte más alta de la subcuenca conserva aún una amplia masa boscosa variada, lo que permite que las características del agua del río Tinaquillo se conserven con parámetros que la califican de buena a excelente. En la Tabla 3 se muestran las formaciones vegetales observadas y verificadas según la información suministrada por el Ministerio de Ecosocialismo y Aguas Cojedes (MARNR, 2004).

Tabla 3

Distribución porcentual de las formaciones vegetales en el área de estudio

Formación vegetal	Superficie (ha)	% de cobertura	Zonas de vida y grados de intervención
Arbórea	10	0,04	Bosque medio ralo con intervención moderada (Bmr-A/Y_2)
Matorrales	120	0,51	Matorral bajo medio con intervención moderada (Mbm-A/Y_2)
Herbácea	100	0,43	Sabana asociada con Chaparro con intervención severa (Schr-A/Y_3)
			Sabana asociada con árboles y matas con intervención leve (Sambr-A/Y_1)
Sin Cobertura	5	0,02	Áreas sin cobertura intervenidas por la explotación minera

Fuente: MARN 2008.

En la Figura 3 se muestra una visualización del grado de deterioro que presenta la masa boscosa dentro de la subcuenca, producto de la intervención antrópica que desde varios años viene realizándose. En la misma, se aprecia que en la zona alta de la subcuenca, que corresponde al nacimiento de la red hidrográfica, es la única zona que conserva una cobertura boscosa acorde con las características climáticas de la zona, mientras que hacia la parte baja e intermedia se observan usos agrícolas familiares y de poca extensión (conucos), centros poblados, remanentes de bosques de galerías y sembradíos de cultivos de ciclo corto y largo, de mayor extensión, entre otros usos.

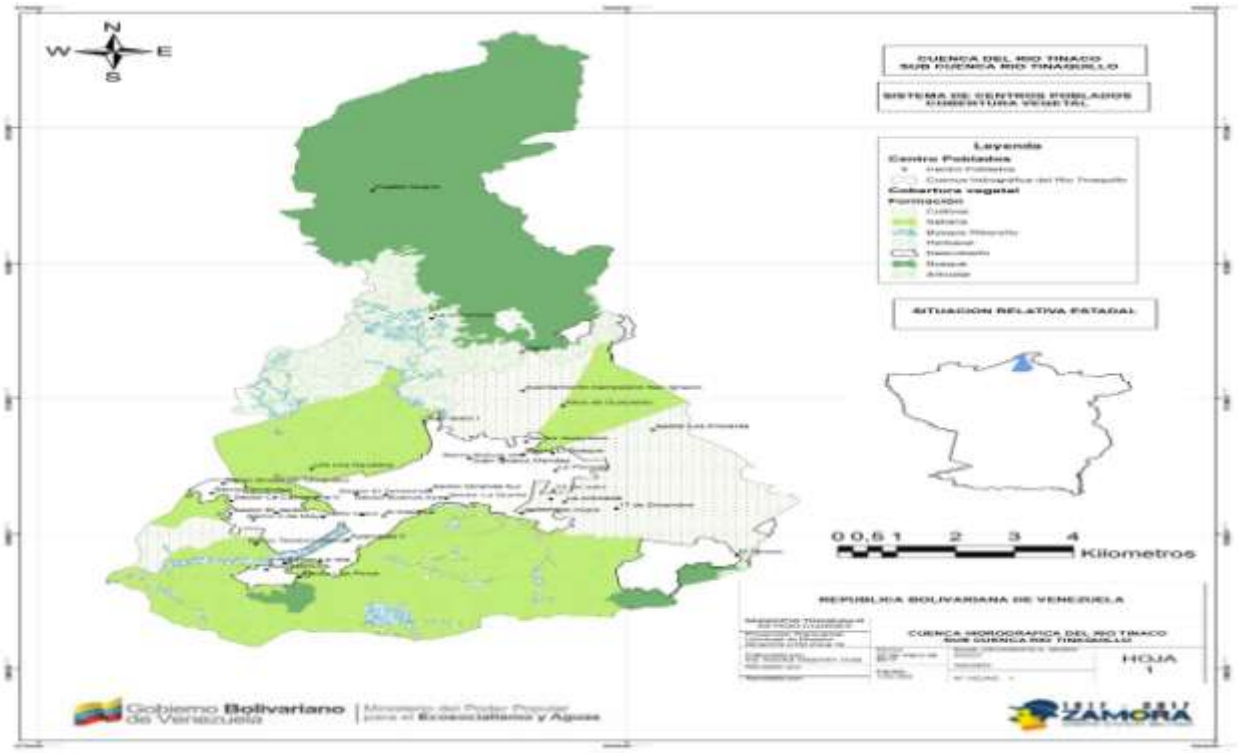


Figura 3. Mapa de vegetación de la subcuenca del río Tinaquillo
Fuente (MPPA, 2008)

Los recursos mineros no metálicos están localizados al norte de la cuenca, específicamente entre Tinaco y Tinaquillo. El complejo que aflora alrededor de Tinaquillo representa la mayor fuente de recursos mineros como son: cianita, asbesto y caolín (MARN, 2014). En el municipio se localiza el desarrollo extractivo e industrial de minerales metálicos formados por el níquel y no metálicos como asbesto, con reservas estimadas en 4.000.000 toneladas. En los alrededores de Tinaquillo se han encontrado calizas recristalizadas oscuras de buena calidad y depósitos de grafito (MARN, 2008).

Los recursos hídricos están integrados por una red hídrica formada por quebradas, cursos de aguas intermitentes, donde se destacan los tributarios más importantes, tales como los ríos Tinaquillo, Tamanaco, Tinapún y Macapo, de cuya confluencia, cerca del caserío Los Jabillos, se origina el río Tinaco. La subcuenca tiene un patrón de drenaje dendrítico y subdendrítico (MARN, 2008).

En el estado Cojedes el consumo de agua potable está concentrado en el eje urbano San Carlos–Tinaco–Tinaquillo, existiendo un sistema de acueducto separado para San Carlos y otro para Tinaco. En el caso de la ciudad de Tinaco se abastece por una toma directa en el río Tinaco, con un caudal estimado en 60 lps, y se completa su abastecimiento recibiendo unos 25 lps procedentes del acueducto de San Carlos. Los caseríos como Caramacate, La Guama, Lomas del Viento, Orúpe, La Palma, Las Palmas y el Salto, pertenecientes al Municipio Tinaco, cuentan con acueductos rurales (MARN, 2008).

Por su parte, la ciudad de Tinaquillo se abastece de fuentes subterráneas (hasta ahora no cuantificadas) y del río Tirgua a través de la derivación de Las Mercedes, con un gasto de 150 a 300 lps en el período seco y de lluvia, respectivamente. La producción actual de Las Mercedes es de 800 lps, el excedente no utilizado por la ciudad de Tinaquillo suple el eje Tinaquillo–Tocuyito. La zona rural del municipio Tinaquilllo cuenta con acueductos rurales y está previsto incorporarlas al acueducto de Tinaquillo. Los acueductos rurales de las poblaciones de Macapo y La Aguadita del municipio Lima Blanco, también se abastecen con pozos de aguas subterráneas (MARN, 2008).

Existe un inventario de aguas subterráneas conformado por 51 pozos con un nivel estático entre 5 y 6 m de profundidad, de los cuales existen 34 pozos en el Municipio Tinaquillo, 11 para uso industrial, 8 para uso humano y 15 se utiliza principalmente para riego y consumo animal, los 17 restantes están distribuido en el municipio Tinaco (ERDHC, 1997).

Los resultados de la caracterización de la calidad del agua del río Tinaquillo, se pueden observar en las Tablas 4 y 5; donde los indicados en la Tabla 4 representan el primer punto de muestreo, ubicado a 2 Km del nacimiento del rio Tinaquillo; mientras que los indicados en la Tabla 5 muestran los resultados del último punto de muestreo. Los parámetros más relevantes se han expresados en miligramos por litros (mg/l). Cada punto de muestreo se ha considerado como el receptáculo de los tributarios de primer, segundo y tercer orden, los cuales desembocan en el río Tinaquillo. A fin de determinar el caudal medio que circula (Qmed), se consideró un valor de 1,5 m^3/seg (Rodríguez, 2006). Tal como se muestra en la Tabla 4, en la columna 4 se presentan los resultados obtenidos y en las columnas 2 y 3 se indican los límites máximos permitidos, con el fin de compararlos con los datos del laboratorio.

Tabla 4

Caracterización del agua del río Tinaquillo a 2 km del naciente.

Parámetros físico-químicos	Límites máximos o rangos art.10	Límites máximos o rangos. Aguas tipo 4	Resultados
Oxígeno Disuelto	---------	> 5 mg/l	5,6 mg/l
pH	6,0 - 9,0	6,0 – 9,0	7.1
Temperatura	38 - 40,0 ºC	38 - 40,0 ºC	39
Coliformes Fécales	1000 NMP/100 ml (90%)	200 NMP / 100 ml (90%)	< 2
Coliformes Totales	1000 NMP/100 ml (90%)	1000 NMP/100 ml (90%)	< 2
Aceites y grasas vegetales y animales	20 mg/l	----	12,23
Aceites y grasas minerales	20 mg/l	0,3 mg/l	0,004
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO	60,0 mg/l	-----	0,00033
Demanda Química de Oxígeno DQO	350,0 mg/l	-----	0,0004
Sólidos suspendidos	400,0 mg/l	Ausentes	Ausentes
Sólidos totales	1600,0 mg/l	Ausentes	Ausentes
Detergentes	350.0 mg/l	< 1 mg/l	0,0023
Sulfatos	400,0 mg/l	0,00	0,00
Sulfuros	2,0 mg/l	----	0,00
Fenoles	0,5 mg/l	0,002 mg/l	0,00
Fósforo total (expresado como nitrógeno)	10,0 mg/l	0,00 mg/l	0,00
Plomo total	0,5 mg/l	0,00 mg/l	0
Zinc	10,0 mg/l	0,00 mg/l	0,00

Elaboración Propia.

El efluente en el punto de muestreo 1 no presentó valores altos ni de materia orgánica e inorgánica, así como de algunos metales pesados, grasas vegetales y minerales y los parámetros más relevantes expresados en promedio del total de descargas existentes a la red cloacal y que finalmente desembocan en cursos de agua; resultado que era de esperar visto que en dicho punto de muestreo no existen actividades capaces de degradar el ambiente; encontrándose apta para los usos establecidos en la clarificación del Tipo 4, ya que los parámetros analizados se encuentran por debajo y dentro del límite máximo establecido en la columna 2 y 3 de la mencionada Tabla 4.

De igual manera, la caracterización del agua en el punto 2, identificado como después de los poblados Pueblo Nuevo y Coromoto, el resultado concuerda con la realidad; es decir, todavía en este punto no se encuentran muchas actividades degradantes de la calidad del agua, por lo que los

valores reportados no sobrepasan los límites máximos establecidos en el artículo 10, observándose que el contenido de oxígeno disuelto permanece aún alto.

A partir de los puntos de muestreo 3 al 8, cuyos resultados se muestran en la Tabla 5, corresponden al punto final de la caracterización del agua de la subcuenca, ya que recoge todas las descargas líquidas, con o sin tratamiento, observándose que todos los parámetros se encuentran fuera del límite permitido por la normativa ambiental; las concentraciones de grasas vegetales, minerales y fenoles son relativamente altas, pero están de acuerdo con los tipos de empresas existentes, cuya producción de efluentes aceitosos es elevada. Lo mismo se puede decir de los parámetros que miden el DBO5 y el DQO. Es importante notar la presencia de metales tóxicos y de sustancias cloradas. También se evidenciaron altas concentraciones de sulfatos y sulfuros, así como detergentes, asociados ambos a los efluentes aceitosos.

En tal sentido, conviene recordar que la DQO para las aguas residuales se sitúa en el rango máximo de 350 mg/l y la DBO_5 en 60 mg/l, de acuerdo con el Decreto 883, constituyendo índices del oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica y los microorganismos del agua, constituyendo un parámetro de control de las aguas contaminadas. Además, los valores del DBO5 coinciden bastante bien con la ecuación empírica, según la cual: $DBO_5 = 2/3$ DQO (Arboleda, 2000). En definitiva, se aprecia que el tratamiento del agua se debe orientar hacia la eliminación de las sustancias orgánicas, e inorgánicas y químicas, lo que conduciría a una disminución del DBO_5, DQO y al control de los aniones sulfatos, sulfuros, nitratos y nitritos y metales como el plomo (Pb) y mercurio (Hg). (Aguilar, 2006).

Es importante notar la presencia de metales tóxicos y de sustancias cloradas. La detección del fenol (7,15 y 4,15 mg/l), se puede asociar a los hidrocarburos o lubricantes utilizados en las maquinarias y equipos, así como a los mantenimientos de éstas. En efecto, la formula estructural de los aceites minerales, que pertenecen a la misma familia de sustancias fenólicas, contiene varios átomos de fenol por molécula. Los sulfuros permanecen elevados así como los detergentes. Los sulfatos entran en el rango de los límites máximos permitidos. La concentración de sulfatos, cuando superan 300 mg/l se puede traducir en un ataque al hormigón por medio de los aluminosilicatos de calcio, formando sulfo-aluminatos, que aumentan el volumen y favorece fisuras en el concreto de los ductos.

Los efluentes líquidos de las industrias son muy agresivos por la presencia de estas sustancias, pero no son las únicas que figuran en las aguas que se vierten al ambiente, sino que ellas contienen concentraciones elevadas de otras sustancias tóxicas tales como metales pesados (plomo, zinc, mercurio) y microorganismos (coliformes totales y fecales) (Rodríguez, 2006).

Con la existencia de una combinación entre sustancias orgánicas e inorgánicas, la estabilidad del efluente es tan alta que genera un alto impacto a los cuerpos de agua receptores, así como la proliferación de olores nauseabundos. Por su estructura química compleja, absorben la luz solar. De esta manera sufren las plantas acuáticas y el fitoplancton por la falta de luz solar, disminuyendo su capacidad de auto-purificación. En general, son tóxicas para los organismos que viven en la superficie del agua y no son biodegradables. Estos aspectos se revelan a través de los parámetros que miden los valores de DBO_5 y DQO e interfieren seriamente en el proceso biológicos naturales de autodepuración en el cuerpo receptor.

Otro impacto importante es el causado a los canales por donde circula el agua, que finalmente empobrece el área por olores desagradables, desbordamiento de aguas negras a consecuencia de la acumulación de grasas vegetales y de origen mineral. Como se pudo observar, su valor excede a los límites máximos permisibles, flotan y se aglutinan en la parte superior del conducto y a la vez se adhieren nuevos sólidos, que en definitiva disminuyen la capacidad portante del canal.

Además, valores de pH relativamente ácido, permite una intensa acción corrosiva, así como la producción de precipitados de sales insolubles. Un ambiente ácido con la presencia de sulfuros (por ejemplo sulfuro de sodio) produce ácido sulfúrico, con el consiguiente problema de corrosión en tuberías y malos olores. Otra causa de problemas en las redes colectoras es el desprendimiento de gases, que pueden dar lugar a toxicidad, explosiones o asfixia, para la gente que trabaja en mantenimiento de las redes o circula en las cercanías a éstas.

Los valores altos de coliformes fecales y totales y los de DBO_5, son característicos de aguas domesticas que representan el mayor porcentaje del efluente que es descargado a cursos de agua que drenan al río Tinaquillo, aunque parte de este DBO_5, está influenciado en un 10% por sólidos disueltos y suspendidos provenientes de otras actividades ubicadas en el área de estudio, aquí los valores de oxígeno disuelto disminuyen bruscamente en los últimos puntos de muestreo. Datos similares encontraron Rodríguez (2006), Aguilar (2006) y Balza (2010), en donde el mayor porcentaje de aguas contaminantes que recibe la cuenca del río Tinaco, es por las actividades

ubicadas en la parte alta de la misma. Por otra parte, considerando la metodología de Paredes *et al.* (2003), concluye que el oxígeno disuelto de una cuenca o cualquier curso de agua va disminuyendo en la medida en que el agua recibe mayor cantidad de contaminantes.

Con respecto a la caracterización socioeconómica la subcuenca del río Tinaquillo, posee un 24% poblado; es decir, esto corresponde solo al casco urbano, sin considerar las periferias de la misma (MINEA, 2017). La actividad minera se orienta hacia la extracción de minerales no metálicos como arena y feldespatos. La dinámica económica impulsa a Tinaquillo como principal centro receptor de la fuerza de trabajo de las localidades y municipios vecinos. En cuanto a la dotación de servicios urbanos se considera crítico el servicio de agua potable. El servicio de cloacas, salud, electricidad, teléfono, y recreación se puede considerar deficiente.

Entre las actividades económicas predominantes se encuentran la agrícola en renglones como maíz, batata y yuca, además de la pecuaria, principalmente en la producción de porcinos y aves que constituyen la base económica en la subcuenca, según la cantidad de fuerza de trabajo ocupada y la superficie bajo producción. En segundo orden de importancia están los servicios prestados por los organismos de la administración pública (nacional, regional y municipal). En tercer término, las actividades de comercio al mayor y minoristas, restaurantes y hoteles; la industria manufacturera, la construcción, almacenamiento y transporte; establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a empresas. Finalmente, los servicios de electricidad, agua, gas y la explotación minera (Minamb, 2008).

Consideraciones Finales

El 24% del área de la subcuenca se encuentra intervenida con actividades agrícolas, industriales, pecuarias, y domésticas.

El 60% del área presentó intervención de la masa boscosa, principalmente por siembra de cultivos, presencia de comunidades, actividades comerciales.

Se aprecia un creciente deterioro de la calidad del agua del río Tinaquillo, en comparación con estudios de data pasada.

Los elementos climatológicos y físicos naturales, así como la calidad del agua de la subcuenca se ven comprometidos cada vez más, por la incidencia de un mayor número de actividades asentadas a lo largo de toda la subcuenca.

Recomendaciones

Es necesario implementar políticas e incentivos para promover el manejo adecuado de los componentes de la subcuenca, a los fines de mejorar el desempeño de las actividades ya instaladas que estén en armonía con el ambiente, restringiendo aquellas que deterioran, significativamente, las condiciones ecológicas de la misma.

Se debe planificar la instalación de actividades en toda la subcuenca, de conformidad con los planes rectores de ordenación del ambiente, incluyendo el control de las descargas contaminantes que se vierten sin tratamiento al rio Tinaquillo.

Debe reducirse la descarga de agroquímicos, desechos sólidos a orillas del río Tinaquillo, de tal manera que se mejore la calidad biológica, físico-química y bioquímica de sus aguas, con la finalidad de elevar la calidad total (ecológico-ambiental) de la subcuenca.

Referencias Bibliográficas

Aguilar, M., (2006). Evaluación de las tecnologías de Coagulación, Floculación, Oxidación y Ozonificación en efluentes provenientes de industria textiles. Tesis de Maestría. UCAB. Caracas. Julio 2005. P. 120.

Aguilar, M. (2017). Modelo de deterioro ambiental de la subcuenca del rio Tinaquillo, cuenca del río Tinaco estado Cojedes. Tesis Doctoral. UNELLEZ, San Carlos estado Cojedes. P.67.

Arboleda J. (2000). Teoría y práctica de la purificación del agua. Tercera Edición, Caracas Venezuela. P. 22.

Balza A. (2010). Evaluación de técnicas de depuración del agua contaminada por metales en el estado Cojedes. Tesis Maestría. San Carlos Venezuela.

Elizalde, G. (1983). Ensayo de clasificación sistemática de categorías de paisajes. Universidad Central de Venezuela, Facultad de agronomía. Caracas Venezuela.

Empresa Regional Desarrollo Hidráulicos Cojedes. (1997). Caracterizaciones de efluentes líquidos generados por el sector industrial en el municipio Falcón estado Cojedes. Pp. 22-110.

Faustino J. Ramirez J. y Boloñe J. (2006). Definición y características de cuencas hidrográficas. Enciclopedia de cuencas del Ministerio del Ambiente, Caracas Venezuela.

Holdridge L. (1979). Atlas de Vegetación del estado Cojedes. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales.

Instituto Nacional de Estadística (2011). Censo de la población en el estado Cojedes. Dirección de Planificación de la Gobernación del estado Cojedes.

Jiménez, M., Ferrer, A., Chaves, L., Navarro, O., Marín, J., Cárdenas, J. y Rodríguez S. (2015). Análisis preliminar de un cuestionario de evaluación de la percepción social de la contaminación atmosférica. Rev. Salud pública. 17 (5): 713-727.

Métodos Normalizados. (2012). APHA, AWWA y WPCF Estándar for Examination of Water and Waste water, ediciones Díaz de Santos, S.A.

Ministerio del Ambiente (2004). Problemas ambientales del estado Cojedes – Venezuela. Manuscrito.

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (1997). Estudio de vegetación del estado Cojedes. Manuscrito.

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2008). Diagnóstico Ambiental de la cuenca del río Tinaco estado Cojedes. Manuscrito.

Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (2014). Problemas ambientales del estado Cojedes. Manuscrito.

Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas – Cojedes (2017). Sistema de Información Geográfico. Manuscrito.

Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MINEA, 2017). Información referida al plan de ordenación del estado Cojedes. Manuscrito.

Paredes F. La Cruz F. Guevara E. (2003). Modelación de la autodepuración del agua en el tramo medio San Carlos. Trabajo de Investigación concluido sin publicar. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Ezequiel Zamora, San Carlos Cojedes.

Paredes F. (2009). Nociones Elementales de la Climatología e Hidrología del estado Cojedes. UNELLEZ San Carlos, Cojedes

Rodríguez, H. (2006). Plan estratégico para la determinación de la calidad del agua de la cuenca del rio Tinaco, control fisicoquímico y microbiológico. Tesis Doctoral Universidad de Zaragoza, España, convenio con UNELLEZ. Pp. 22–55.

Santos, J. (1989). Métodos de toma de muestras naturales superficiales y subterráneas. Laboratorio del Ministerio del Ambiente El Hatillo, Caracas Venezuela.

Venezuela (1995). Decreto Nº 883: Normas para la clasificación y control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos. Gaceta oficial de la República de Venezuela. 5021 (Extraordinario), Diciembre 18.