

# IERSE 30

INSTITUTO DE ESTUDIOS DE RÉGIMEN SECCIONAL DEL ECUADOR



N° 66

**IERSE 30**  
**INSTITUTO DE ESTUDIOS DE RÉGIMEN**  
**SECCIONAL DEL ECUADOR**

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Abril 2015

# **UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Econ. Carlos Cordero Díaz**  
RECTOR

**Ing. Miriam Briones García**  
VICERRECTORA

**Ing. Jacinto Guillén García**  
DECANO GENERAL DE INVESTIGACIONES

**Ing. Ximena Moscoso Serrano**  
DECANA GENERAL ADMINISTRATIVA FINANCIERA

## **UNIVERSIDAD - VERDAD**

Revista de la Universidad del Azuay

Director

**Dr. Claudio Malo González**

Consejo Editorial

**Dr. Oswaldo Encalada Vásquez**

**Arq. Diego Jaramillo Paredes**

**Dr. Francisco Salgado Arteaga**

Diagramación

**Mario Merchán Barros**

Diseño de portada

**José Macías Saldarriaga**

La responsabilidad por las ideas expuestas en esta revista corresponde exclusivamente a sus autores.

Se autoriza la reproducción del material de esta revista siempre que se cite la fuente.

Canjes y donaciones: Biblioteca <<Hernán Malo González>> de la Universidad del Azuay

ISSN 13902849

Avda. 24 de mayo N° 7-77 y Hernán Malo

[www.uazuay.edu.ec](http://www.uazuay.edu.ec)

Apartado Postal 01.01.981

Teléfono: 4091000

Cuenca - Ecuador

**IERSE 30**  
**INSTITUTO DE ESTUDIOS DE RÉGIMEN**  
**SECCIONAL DEL ECUADOR**



## CONTENIDO

<b>NOTA EDITORIAL</b>	7
<b>ADMINISTRACIÓN LOCAL</b> Malo G., Claudio	9
<b>LA UTOPIA COMO IMAGINACIÓN ORGANIZACIONAL EN EL PENSAMIENTO CRÍTICO DE GUERREIRO-RAMOS</b> Salgado A., Francisco; Abad M., Andrés	27
<b>GENERACIÓN DE INFORMACIÓN TEMÁTICA A PARTIR DE ORTOFOTOGRAFÍA, COMO INSUMO PARA ACTUALIZAR LOS PLANES DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</b> Delgado I., Omar	69
<b>EL MÉTODO KRIGING APLICADO A LA ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE</b> Pacheco N., Jheimy	93
<b>MORFOLOGÍA INTERPRETATIVA DE ALTA RESOLUCIÓN CON DATOS LIDAR EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE - ECUADOR</b> Sellers, Chester; Corbelle, Eduardo; Buján, Sandra; Miranda, David	131

<b>REFLEXIONES SOBRE LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN MUNICIPAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN CUENCA</b> Hermida P., Carla	181
<b>EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE RUIDO EN EL ÁREA URBANA DE CUENCA Y ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO 2014</b> Martínez G., Julia; Delgado I., Omar	203
<b>EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES EN LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY</b> Pacheco P.; Diego	237
<b>EL PRESUPUESTO EN LOS GOBIERNOS SECCIONALES Y EL ROL DEL IERSE</b> Castro E., Martha	257
<b>SALUD FAMILIAR INTEGRAL</b> Rodas A., Edgar	275

## NOTA EDITORIAL

Además de formar profesionales de tercero y cuarto nivel e investigar, vincularse con la comunidad para compartir conocimientos y contribuir al mejoramiento de sus condiciones de vida es de gran importancia, lo que varía de acuerdo con las carreras y las condiciones ecológicas y humanas de los entornos. El bien común, como meta de la organización social cuenta también, y en muy alto grado, para las universidades. Además con gestiones de esta índole es posible conocer de mejor manera y en forma directa las problemáticas nacional y regional para orientar mejor los propósitos globales.

En el ordenamiento político, la administración local es de especial importancia ya que hay una serie de problemas y gestiones que no cabe resolverlas a distancias, por las condiciones correspondientes. Frente al gobierno nacional, cuya existencia es legítima y necesaria, hay los gobiernos seccionales siendo lo deseable que se dé un equilibrio en competencia y capacidad de gestión. En nuestro país, con estructura centralista, la tendencia al predominio de lo central sobre lo local ha sido constante con las consiguientes limitaciones e inequidades que de ninguna manera posibilitan la real democracia participativa.

Ante esta situación, la Universidad del Azuay ha proyectado su vinculación a la comunidad mediante la intervención positiva en organizaciones locales menores para dinamizar y potenciar sus aspiraciones y eficacia administrativa. Uno de los “argumentos” de los defensores del centralismo ha sido que las organizaciones seccionales como municipios y juntas parroquiales no tienen conocimientos ni entrenamientos suficientes para salir adelante con eficacia de los problemas. En el supuesto dudoso de la



realidad de esta afirmación, la solución al problema es obvia: capacitación.

Se creó hace treinta años el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) para dinamizar esta vinculación comenzando con la educación y capacitación de las municipalidades denominadas menores, para salir adelante de sus limitaciones económicas para por sí solas enfrentar problemas técnicos, en el sentido amplio de este término. A esta capacitación se añadió asesoría directa y gestiones ante los organismos centrales para que se agilite la solución de los problemas correspondientes, como los de presupuesto, ordenamiento territorial, eficiencia administrativa, entre otros.

Esta vinculación llevó al IERSE a estar permanentemente actualizado en las nuevas y cambiantes tecnologías como la geomática para un mejor conocimiento de los entornos físicos, esenciales en el ordenamiento territorial. Sus avances posibilitaron la ejecución de maestrías para personas interesadas en este campo, con el fin de ampliar el número de profesionales de alto nivel, a la vez que proporcionó formación a integrantes de esta institución en centros altamente reconocidos de otros países, y la asesoría directa, in situ, de especialistas destacados de países con mayor desarrollo.

Además de esta proyección el IERSE ha intervenido en condición de investigador y asesor en problemas generales como los relacionados con el uso y protección del agua, que no está circunscrito a comunidades pequeñas, el cuidado de los entornos físicos para detener su deterioro y mejorar la producción, a la vez que hacer frente a la creciente contaminación ambiental. Para cumplir de mejor manera estos propósitos ha recurrido a unidades académicas especializadas en cada uno de los campos, lo que ha posibilitado la vinculación al medio de sus profesores y estudiantes.



**ADMINISTRACIÓN LOCAL**  
**Malo González, Claudio**  
Correspondencia: [cmalo@uazuay.edu.ec](mailto:cmalo@uazuay.edu.ec)

## Resumen

La administración pública en los estados aborda la gestión en áreas territoriales en las que se ha dividido. El gobierno central lo hace mediante personas a las que nombra y les otorga funciones, pero hay también gobiernos locales elegidos. El centralismo propio de los sistemas unitarios, trata de que las gestiones de manera preponderante estén a cargo de sus funcionarios. La descentralización pretende el mayor número posible de competencias para los gobiernos seccionales. En el Ecuador, que es país unitario, los Municipios cantonales, Consejos Provinciales y Juntas parroquiales son instituciones de gobierno seccional. En este artículo se destaca la conveniencia de la descentralización para el bienestar colectivo.

**Palabras claves:** Administración pública, gobiernos seccionales, desconcentración, descentralización, participación ciudadana

## Abstract

### LOCAL ADMINISTRATION

Public administration deals with territorial management within each divided state. The central government accomplishes its administration through people who are appointed and assigned specific functions. However, there are also local government officials who are elected by the people. Centralism, which is a characteristic of a unitary system, performs all processes through its officials. Decentralization seeks to assign the greatest possible number of powers to regional and local governments. In Ecuador, which is governed by a unitary system, cantonal municipalities, provincial councils and parish councils are regional government institutions. This paper highlights the desirability of decentralization for the collective wellbeing of its citizens.

**Keywords:** Public Administration, Regional Governments, De-concentration, Decentralization, Citizen Participation

## Administración pública

La organización política comienza con las bandas<sup>1</sup>, siguen las tribus, continúan las federaciones y culmina con los Estados. Necesariamente tenemos que organizarnos para posibilitar nuestra coexistencia colectiva, y la familia es el primer paso. Cuando los grupos sobrepasan a la familia y varias de ellas coexisten en una misma área territorial se requiere una organización más amplia para facilitar la solución de problemas comunes, estas organizaciones se denominan políticas; por elementales que sean, su meta es el bienestar de las personas al lograr que muchos de sus problemas se solucionen con más facilidad en esta forma de vida que supera al individuo.

Predomina abrumadoramente en el presente el Estado, organización política integrada por una colectividad que vive en un mismo territorio, que está ordenada por normas jurídicas con derechos y obligaciones regidas por una autoridad y que tiene como meta el bien común. En algunos países hay tribus, pero sus integrantes forman parte de un Estado que, de alguna manera, acepta y tolera las diferencias culturales.

El orden es posible mediante las autoridades que administran los recursos y que son responsables de la observancia de las leyes, con capacidad para sancionar a quienes quebrantan las normas establecidas. Si bien hay Estados reconocidos de escasas dimensiones y limitada

---

<sup>1</sup> Se ha usado el término hordas que ha adquirido connotaciones negativas y peyorativas al asociarla con violencia y carencia de civilización, de allí que predominó el término banda.

población como El Vaticano, Mónaco, Bahrein, la gran mayoría tiene espacios territoriales amplios y un número elevado de habitantes; la amplitud física requiere que sea insuficiente la administración del gobierno central y que de alguna manera las partes tengan su organización y autoridades, lo que da lugar a una forma de administración seccional.

Las atribuciones y sistemas de administración local y su relación con la central requieren de un sistema de organización. Fundamentalmente hay dos: el federalismo y el unitarismo. En el primer caso las organizaciones territoriales que son partes del Estado, mantienen un mayor espacio de autonomía. En principio estas áreas ceden parcialmente su soberanía a la administración central en determinados campos como políticas monetarias e internacionales. En Estados Unidos, la posibilidad de legislar de cada estado es amplia como lo demuestran las normas diversas<sup>2</sup>; esta capacidad está limitada por los principios fundamentales contenidos en la Constitución federal, como la prohibición de la esclavitud y el derecho al voto en elecciones de las mujeres. Las autoridades para la ejecución del gobierno local son elegidas en cada Estado y el número de personas para el gobierno federal es limitado.

En el sistema unitario las competencias para el ejercicio del poder se concentran en el gobierno central con sede en la capital y la administración en los Estados, provincias o departamentos las ejerce este gobierno mediante personas por él nombradas que, salvo excepciones, son de libre remoción; en otras palabras, son extensiones del jefe de Estado con el propósito de ejecutar sus disposiciones sin cuestionarlas. Uno de los parámetros

---

<sup>2</sup> En 18 estados está abolida la pena de muerte.

para medir la eficiencia de estas personas es la ejecución lo más fielmente posible de las decisiones provenientes de la capital. Para instituciones colegiadas, como el congreso, los integrantes provienen de la elección de las circunscripciones políticas correspondientes; pero sus decisiones son obligatorias en todas ellas.

## Descentralización y desconcentración

Antigua, y a veces enconada, ha sido en los países, sobre todo democráticos, la polémica sobre la conveniencia de cada una de las formas de gobierno. Quienes se inclinan por el centralismo creen que la solución del problema concentración del poder se solucionaría concediendo mayores atribuciones a los funcionarios nombrados fuera de la capital para de esta manera aliviar las molestias que las gestiones a distancia generan en los ciudadanos. No cuestionamos la desconcentración, pero al ser estos funcionarios nombrados por las autoridades centrales con la figura de libre nombramiento y remoción, las tareas son tanto más eficientes cuanto de mejor manera cumplan con los intereses y orientaciones de los gobiernos centrales<sup>3</sup>. Hay instituciones locales provenientes, directa o indirectamente de elección popular, pero en los Estados centralistas sus competencias y atribuciones están por debajo de las que tiene el gobierno central.

Benigno Malo Valdivieso, En la década de los sesenta del siglo XIX escribió:

*“Quien dice delegación, dice libertad o no de otorgar*

---

<sup>3</sup> Las iniciativas locales pierden fuerza en este sistema pudiendo aplicarse en algunos casos el aserto “nadie puede servir a dos señores”.

*aquellas facultades; dice también poder de retirarlas, cuando a bien lo tenga el delegante. Esta teoría envuelve dos ideas peligrosísimas para el orden social: 1) la de crear, así como voluntariamente se establece el poder público, puede también dejar de establecerse en algunos casos, lo que es un error de mucha magnitud. El hombre gravita hacia la sociedad con la misma fuerza con que la piedra gravita hacia el centro de la tierra: la sociabilidad es una ley imperiosa, una necesidad que hay que obedecer y no es un acto libre y voluntario al que puede prestarse o rehusarse. 2) La otra idea que se desprende de la teoría de las delegaciones y que es más peligrosa todavía, es la de poder retirar las facultades delegadas cuando así lo quisiera el delegante y esto a nada menos conduce que a la anarquía y a la disolución de la sociedad”<sup>4</sup>.*

La real descentralización se da cuando las autoridades de las circunscripciones territoriales correspondientes son elegidas por los ciudadanos que viven en esa circunscripción y no están sujetas directamente a la autoridad de los jefes de Estado; pero además de la amplitud de atribuciones con que cuenten, que parten de las competencias que las leyes del Estado establecen, en otras palabras, del nivel de autonomía.

En un gobierno centralista, aunque integrado por personas provenientes de diferentes agrupaciones políticas mediante alianzas o coaliciones, la autoridad de los nombrados es transitoria y no es raro que su nombramiento dependa de los términos establecidos en las alianzas cuya durabilidad depende de intereses de las

---

<sup>4</sup> Malo Benigno, Escritos y Discursos, 1940, Editorial Ecuatoriana, Quito.

agrupaciones, que pueden variar. No es raro que estos acuerdos no se mantengan, con las consecuencias de inestabilidad administrativa.

Los gobiernos totalitarios, en sus diversas manifestaciones, tienden a enfatizar el centralismo. Si la “verdad” es propiedad de los gobernantes o de las ideologías que sustentan su autoridad, mal puede fragmentarse en otras cuya legitimidad proviene de sectores determinados del Estado con diversos planteamientos de intereses seccionales. Lo que más importa es el cumplimiento “fiel” de órdenes de quienes son los únicos que tienen capacidad para interpretar adecuadamente la ideología, o de las dotes especiales de los gobernantes; el caudillismo del jefe de Estado tiene especial importancia y robustece la concentración del poder.

## **Centralismo y descentralización en el Ecuador**

El Ecuador es Estado soberano desde el 13 de Mayo de 1830, cuando un grupo de “notables” de la capital decide la separación de la Gran Colombia, lo que con anterioridad había hecho Venezuela. Ese mismo año en la ciudad de Riobamba una Asamblea Constituyente redacta la primera Constitución.

Los dos primeros artículos dicen:

*Artículo 1.- Los Departamentos del Azuay, Guayas y Quito quedan reunidos entre sí formando un solo cuerpo independiente con el nombre de Estado del Ecuador.*



*Artículo 2.- El Estado del Ecuador se une y confedera con los demás Estados de Colombia, para formar una sola Nación con el nombre República de Colombia.*

En el artículo 2 se habla del nuevo país como parte de una federación con otros, lo que implica un sistema federal en el que el Ecuador es uno de los Estados, idea que históricamente no prosperó ya que la disolución de la Gran Colombia se consolidó. En la segunda Constitución de 1935 se elimina este planteamiento y se lo considera un Estado plenamente soberano, con una organización centralista que se ha mantenido hasta nuestros días, sin que se haya hecho real una estructura federal, si bien ha habido propuestas serias que nunca se hicieron realidad. El más lúcido defensor del federalismo fue Benigno Malo Valdivieso, en uno de sus artículos publicado en 1856 escribió al respecto:

*“Sólo a la sombra del principio federal pueden crecer y desarrollarse las formas republicanas y democráticas, porque el poder central en disolución, digámoslo así, se precipita a los fondos más bajos de la sociedad. Allí el Municipio, el cantón o el condado, la parroquia administra la cosa pública, legisla, gobierna con tanto más interés, cuanto conoce mejor todas las necesidades locales. Mientras más pequeño es el Estado, más parte toman en él los ciudadanos y más se democratiza el poder público. El gobierno central, reasume todas las voluntades en las del gobierno general, y todos los intereses en los de la capital”<sup>5</sup>.*

---

<sup>5</sup> Malo Benigno, Escritos y Discursos, Quito 1940 Editorial Ecuatoriana pag. 142.

De todas maneras, en los primeros años de vida republicana, los Departamentos de Quito, Guayaquil y Cuenca mantienen un importante nivel de autonomía, que se pone de manifiesto en la inestabilidad política ocasionada por la intervención del ejército.

En 1859 la inestabilidad política interna llega a niveles tales que en un momento dado hay cuatro gobiernos en el Ecuador, presididos en Guayaquil por Francisco Robles y Guillermo Franco, en Quito por Gabriel García Moreno, en Cuenca por Jerónimo Carrión y en Loja por Manuel Carrión Pinzano. Salvo el caso de Loja que plantea el federalismo, en los otros Departamentos se considera a sus mandatarios Jefes de Estado del Ecuador. En Enero de 1860 tiene lugar la suscripción del tratado Franco Castilla, presidentes de Ecuador y Perú, que concede la soberanía del Perú en la región amazónica, aplicando sin restricciones la cédula de 1802, tratado que no fue reconocido por los Congresos de los dos Estados. Ese mismo año se supera esta crisis y se nombra presidente a García Moreno quien, para consolidar la unidad nacional fortalece el centralismo unitario.

## **Administración seccional en el Ecuador**

Siguiendo el modelo de España, durante la colonia se reconoce en las ciudades a los cabildos, organizaciones integradas por representantes nombrados por los ciudadanos para tomar decisiones en áreas limitadas relacionadas con problemas locales. Si bien es verdad que la autoridad con mayor poder es el corregidor, que representa al gobierno monárquico, se reconoce que pueden intervenir en determinados problemas locales

ciudadanos cuyo nivel de autoridad proviene de la delegación de los integrantes de la colectividad. Estudios históricos demuestran la importancia de estas instituciones en el gobierno de cercanía, que en algunos casos jugaron un importante papel en el proceso de la emancipación política de las colonias españolas y que tuvieron especial importancia en algunos de los nuevos Estados que optaron por el sistema federal; en todo caso, fueron el germen de las controversias entre centralismo y descentralización, que plantea mayores atribuciones y poderes para estas organizaciones directa e inmediatamente vinculadas con los intereses locales, que en algunos casos no concuerdan con los del Estado.

La organización en este aspecto del Ecuador consiste en provincias, cantones y parroquias, que desde la visión centralista tienen como autoridades a los gobernadores, jefes políticos y tenientes políticos cuyas atribuciones están sustentadas por los nombramientos de los Jefes de Estado, que pueden ser removidos según los intereses gubernamentales. Como antes se mencionó, el poder que ejercen es por delegación, que puede ser mayor o menor según los intereses y estilos de los gobernantes centrales que tienen amplios poderes para aplicar e interpretar las normas establecidas<sup>6</sup>.

La administración seccional se sustenta en el origen de las autoridades cuya legitimidad y poder está legitimado por la voluntad popular al margen de las preferencias del gobierno central. El ciudadano al sufragar puede decidir en función de los intereses y preferencias de su sector

---

<sup>6</sup> En nuestros días el Ecuador tiene 24 provincias, número igual al de Argentina que tiene una extensión doce veces mayor y el triple de población.

inmediato, que puede o no coincidir con los del gobierno central. En gobiernos totalitarios, las divergencias suelen interpretarse como desacato o rebelión, que no sólo no debe ser alentadas sino sancionadas en caso de que se ponga de manifiesto de alguna manera. En una democracia que se fundamenta en el respeto a las diferencias de pensar, estas divergencias son constructivas ya que, si el gobierno es para todos, hay que contar con los puntos de vista de las diversas regiones, y respetarlos<sup>7</sup>.

En nuestro país, debido a las fuertes raíces de los cabildos, las instituciones seccionales con mayor tradición y poder son los Municipios Cantonales. Los consejos o gobiernos provinciales, como instituciones autónomas provenientes de elección popular fueron creados en 1929 como alternativa al gobierno central, su máxima autoridad, el Prefecto, tiene atribuciones restringidas con relación al gobierno central; su aceptación es mayor en las provincias ya que, a diferencia del gobernador, su legitimidad es más directa y no está sujeto a cambios como ocurre con los gobernadores cuya tarea se limita a supervigilar lo que el gobierno central realiza a través de sus autoridades.

Las juntas parroquiales, que se limitan al sector rural, se organizan mediante personas elegidas directamente desde la Constitución de 1998; debido a su limitación en área y población su importancia es menor. Sus atribuciones y capacidad de gestión se restringen a lo rural. En todo

<sup>7</sup> Si analizamos las carreras políticas, las alcaldías de importantes ciudades pueden considerarse un paso previo a la Presidencia de la República. En Guayaquil Abdalá Bucaram fue elegido Alcalde de Guayaquil, y Sixto Durán Ballén y Jamil Mahuad Witt alcaldes de Quito; León Febres Cordero fue elegido Alcalde de Guayaquil luego de que desempeñara la Presidencia de la República.

caso, han contribuido a robustecer el liderazgo comunitario debido a que el acceso a esta dignidad no proviene de nombramientos sino de elección.

Los concejos municipales se ubican en las ciudades y su área cercana de influencia. La población en estos conglomerados es variable, en algunos casos como Guayaquil y Quito su población sobrepasa con creces a la de la provincia, y los problemas de las ciudades son diferentes y más complicados lo que requiere de autoridades con mayor poder de decisión, equipos técnicos complejos para abordar problemas cada vez más difíciles como el transporte y el tráfico. Salvo pocas excepciones, el alcalde de las ciudades capitales de provincia es considerado el más importante representante de la provincia<sup>8</sup>.

Desde una visión política pueden entenderse los gobiernos seccionales como una correlación de fuerzas entre el gobierno central y su organización política y las otras fuerzas, con gran frecuencia calificadas como opositoras, lo que implica el peso de las diversas corrientes. No cabe hablar de oposición total entre los dos poderes, más bien de un camino para lograr acuerdos y consensos que son necesarios para la marcha de un país integrado por ciudadanos con diferentes formas de pensar.

## **Valores de la administración local**

En un sistema federal puede tener fuerte peso la tendencia a dar excesivo valor a los intereses y

<sup>8</sup> Las capitales de provincia tienen la categoría de cantón, cuentan con parroquias urbanas en el centro poblado correspondiente y parroquias rurales. Las parroquias urbanas no tienen juntas parroquiales.

proyecciones de cada Estado en mengua de los del país, lo que podría llevar a una dispersión en la gestión pública con el peligro de separación; cabe recordar que el único conflicto que desembocó en guerra civil en Estados Unidos se originó cuando los Estados del sur plantearon la separación y división por una disposición que nació en los del norte, relacionada con la abolición de la esclavitud, es decir la negativa a acatar una medida nacional.

En los gobiernos unitarios la tendencia puede llevar a una creciente concentración del poder y capacidad en la toma de decisiones del gobierno central para menoscabo de los intereses locales. Estas tendencias, con orientaciones extremistas, pueden y deben llegar a un equilibrio en el que haya armonía entre los intereses nacionales y locales, que no necesariamente se contraponen, al contrario se complementan ya que, el hecho de que se responde a las aspiraciones de los ciudadanos en cuanto integrantes de un país no implica que se disminuya el énfasis en las aspiraciones de la problemática local que, casi siempre, responde a situaciones que se dan en la cercanía.

Desde una visión política democrática, alienta y posibilita la mayor participación ciudadana en cuanto la relación entre los integrantes de las colectividades y quienes las gobiernan. Gobernar no es imponer mediante el ejercicio de la autoridad, a lo que puede llegar el centralismo. La participación real tiene lugar cuando las personas pueden hacer oír de manera directa su voz a los gobernantes, presentar sus iniciativas y cuestionar gestiones y decisiones. Llegar al gobierno nacional, sobre todo desde las provincias, es complicado y difícil<sup>9</sup>; llegar a

<sup>9</sup> Suelen afirmar los partidarios del centralismo que es fácil llegar a funcionarios y empleados nombrados por el gobierno, pero lo más frecuente es que su capacidad de decisión o no

las autoridades de cercanía es más factible lo que redundará en provecho de quienes ejercen el poder y de los que están sujetos a sus decisiones.

Hay problemas globales que abarcan todo el país como los monetarios y de relaciones internacionales, que competen necesariamente al gobierno nacional. Hay problemas que por sus alcances deben ser resueltos en el ámbito local, como las obras públicas en las ciudades. Así como sería irreal que los gobiernos locales interviniesen en problemas relacionados con la moneda, igual ocurriría si el gobierno central interfiriera, a veces con pretexto de ayuda, en el plan regulador de una ciudad.

En la vida cotidiana el ciudadano común está directamente afectado por problemas del área en que vive. El estado de una vía pública se limita al sector, las congestiones y molestias que el tránsito vehicular provoca, en la práctica favorecen o molestan a los habitantes de cada centro poblado. Las autoridades locales están más al corriente de estas situaciones y pueden tomar medidas inmediatas o a mediano plazo. Es difícil y complicado que esta problemática se afronte desde la lejanía, si bien es necesario que haya disposiciones amplias de nivel nacional, que no puedan ser soslayadas por las autoridades locales.

Fundamental en el ejercicio del poder es el conocimiento de la realidad, su problemática y los posibles efectos de las decisiones tomadas. Es evidente que los que están a cargo de la cercanía la conocen mejor, de lo que se deduce que las decisiones y programas serán más acertados. En muchos casos es necesario que haya intervenciones

---

exista o sea mínima, lo que los convierte en “buzones” para llegar a la capital.

inmediatas y es evidente que desde las áreas cercanas esas intervenciones serán más rápidas. El trato con las personas de alguna manera afectadas es más ágil y hay mayor facilidad para llegar a acuerdos entre las personas del lugar, cosa que es más difícil con extraños.

Gobernar es priorizar, en el sentido de decidir cuáles son las obras más urgentes considerando las necesidades de las colectividades y los recursos económicos con que se cuenta. Debido a un mejor conocimiento de los problemas, aspiraciones de los ciudadanos y disponibilidad de recursos estas priorizaciones son más factibles en la administración local que en la nacional; entre otras cosas por las facilidades para dialogar con los interesados según las circunstancias y porque las autoridades viven «en carne propia» los problemas y perciben más directamente los resultados de las gestiones<sup>10</sup>.

El reclamo y la protesta son derechos fundamentales en la democracia y para que sean coherentes deben llegar a las autoridades directamente involucradas en los temas. Las autoridades nacionales, por la distancia desde la que ejercen el poder, captan con menor realismo los aciertos o desaciertos de estas expresiones y manifestaciones. Si el poder se ejerce desde áreas cercanas, el impacto de estas expresiones es más directo y los resultados para los que reclaman y protestan son más concretos, a la vez que más factibles las posibilidades de diálogo directo entre los ciudadanos y las autoridades.

---

<sup>10</sup> Hay obras nacionales, como la vialidad interprovincial, que no puede ser asumida por la administración local, en cuyo caso es necesario y factible trabajar conjuntamente con los organismos nacionales responsables.



La pertenencia a un país y a una ciudad o provincia implica una vinculación afectiva, sin negar los efectos positivos del patriotismo que enlaza a las personas con el país del que son ciudadanos, la intensidad afectiva es más directa e intensa con la «patria chica», ya que hay una vinculación histórica más directa. No es lo mismo *la patria de uno* que *la tierra de uno*. En este contexto la administración local trabaja en un contexto de “intimidación”, sobre todo si hay que hacer frente a problemas cotidianos que afectan de manera directa y concreta a las personas que, sin necesidad de elucubrar, captan los efectos de las realizaciones como contar con agua potable<sup>11</sup>.

La Universidad del Azuay siempre se ha considerado parte de Cuenca y su área de influencia, y la mayor parte de sus profesionales ejercen sus actividades en esta área, de allí que los intereses y problemas locales tienen especial importancia. Es innegable que las gestiones de una universidad como respuesta a los intereses colectivos requiere de la vinculación con el país, pero el área donde funciona una universidad, que es parte del país, es afectada más directamente por su gestión y su contribución al desarrollo. Es una universidad ecuatoriana, pero su funcionamiento y efectos inmediatos tienen lugar en una parte de este país.

El problema del centralismo y la descentralización ha tenido especial importancia en este centro de estudios superiores, y por esta razón, hace treinta años, se creó el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) no sólo para abordar el problema local sino el nacional. Una de las «razones» del centralismo para

<sup>11</sup> Los cabildos usaban el término “vecino” para referirse a los habitantes circunscritos a su espacio físico, lo que enfatizaba la vinculación de cercanía.

oponerse a la transferencia de competencia, es que las personas de las áreas locales no están preparadas para hacer frente a problemas que requieren alguna formación técnica, aceptando este dudoso razonamiento, la solución es la capacitación que puede asumir una universidad para compartir sus conocimientos de manera directa e inmediata con la colectividad con la que se encuentra en contacto.

El IERSE ha afrontado este problema mediante cursos directos a las personas de municipalidades pequeñas, asesoría en problemas concretos y formación de profesionales de cuarto nivel como las maestrías en Geomática. Además ha conformado una infraestructura humana y técnica para que, sin necesidad de tener que acudir a la capital, las instituciones locales puedan recurrir a instituciones y personas altamente calificadas en diversos problemas.

Además de formar profesionales e investigar, se considera esencial en el funcionamiento de una universidad su relación directa e inmediata con organizaciones formales e informales limitadas en recursos, tanto para contribuir a la solución de sus problemas como vincular directamente a los estudiantes a esta forma de realidad. El IERSE cumple con esta función, que antes se denominaba “extensión universitaria”, a la vez que posibilita resultados concretos y prácticos.

## **Bibliografía:**

Álvarez González, Francisco, 2009, *La Morada*, Universidad de Cuenca, Cuenca.

Clarke S.D., 1975, *La Sociedad Suburbana*, Instituto de Estudios de Administración Local, Colección “Nuevo Urbanismo”, Madrid.

Fundación Cánovas del Castillo, 1986, *Los Vecinos y sus Representantes Municipales*, Vigo

Gómez Orea, Domingo, 2000, *Ordenación Territorial*. Madrid.

Malo Valdivieso, Benigno, 1940, *Escritos y Discursos*, Editorial Ecuatoriana, Quito.

Schmidt-Relemborg Norbert, 1976, *Sociología y Urbanismo*, Instituto de Estudios de Administración Local, Colección “Nuevo Urbanismo”, Madrid.



[www.fgv.br](http://www.fgv.br)

# LA UTOPIA COMO IMAGINACION ORGANIZACIONAL EN EL PENSAMIENTO CRITICO DE GUERREIRO-RAMOS<sup>1</sup>

Salgado A., Francisco

Abad M., Andrés

Correspondencia: [fsalgado@uazuay.edu.ec](mailto:fsalgado@uazuay.edu.ec)

---

<sup>1</sup> Artículo publicado originalmente en CADERNOS EBAPE. BR, v. 13, n. 2, Artículo 1, Rio de Janeiro, Abr./Jun. 2015. Se reproduce íntegramente aquí, cumpliendo la licencia de Creative Commons correspondiente. En 2015 se conmemora el centenario de Alberto Guerreiro-Ramos, el más importante autor brasileño en administración pública, ámbito de investigación-acción del IERSE en sus treinta años.

## Resumen

Este artículo analiza la esencia de la obra de Alberto Guerreiro-Ramos en el marco del pensamiento crítico latinoamericano en los estudios de la administración. Se analizan sus propuestas básicas desde la perspectiva de la utopía, comprendida como una investigación sistemática de principios alternativos de organización distintos de la forma empresarial funcionalista. Se exploran conceptos como los de la reducción sociológica, el hombre parentético y la teoría de la delimitación de los sistemas sociales desde un enfoque de las perspectivas utópicas; esto es, la reformulación de las estructuras y dinámicas sociales propuestas por Guerreiro-Ramos como alternativas al *ethos* del mercado. Asimismo se explica cómo la dinámica y acción recíproca entre la sociedad y los ámbitos organizacionales permiten imaginar alternativas para la emancipación, la búsqueda de la razón sustantiva y la realización plena del ser humano.

**Palabras clave:** PENSAMIENTO CRÍTICO, TEORÍAS ORGANIZACIONALES, UTOPIA, PENSAMIENTO LATINOAMERICANO, GUERREIRO RAMOS.

## Utopia as organizational imagination in Guerreiro-Ramos' critical thought

### Abstract

This article discusses the main issues of the academic production of Alberto Guerreiro-Ramos as part of Latin American critical thought in administration studies. His basic proposals are analyzed from the perspective of utopianism, which is comprehended as a systematic investigation of alternative principles of organization, which are distinctive of the functionalist form of the enterprise. Seminal concepts, such as sociological reduction, parenthetical man and the theory of social systems delimitation, are explored from an utopian perspective approach; i.e. on the reformulation of social structures and dynamics

proposed by Guerreiro-Ramos as alternatives to the market *ethos*. This paper also explains how the dynamic interaction between organizations and society can imagine alternatives to instrumental conceptions of management, options that pursue emancipation, substantive reason and human fulfillment.

**Keywords:** CRITICAL THOUGHT, ORGANIZATIONAL THEORIES, UTOPIA, LATIN AMERICAN THOUGHT, GUERREIRO RAMOS.

## **Utopia como imaginação organizacional no pensamento crítico do Guerreiro-Ramos**

### **Resumo:**

Este artigo discute a essência da obra de Alberto Guerreiro-Ramos-como parte do pensamento crítico latino-americano em estudos de administração. Suas propostas básicas são analisados sob a perspectiva da utopia, que é compreendida como uma investigação sistemática de princípios alternativos de organização, que são distintas da forma funcionalista da empresa. Conceitos seminais como a redução sociológica, homem parentético e a teoria da delimitação dos sistemas sociais, são exploradas a partir de uma abordagem utópica; ou seja, a reformulação das estruturas e dinâmicas sociais propostas por Guerreiro-Ramos -como alternativas para o *ethos* do mercado. Este documento também explica como a interação dinâmica entre as organizações e a sociedade pode imaginar alternativas para concepções instrumentais de gestão; opções que buscam a emancipação, a razão substantiva e a realização humana.

**Palavras-chave:** PENSAMENTO CRÍTICO, TEORÍAS ORGANIZACIONAIS, UTOPIA, PENSAMENTO LATINOAMERICANO, GUERREIRO-RAMOS.

## 1. Introducción

Este artículo analiza la obra de Alberto Guerreiro-Ramos en el marco del pensamiento crítico latinoamericano. El ensayo aquí propuesto forma parte de una línea de investigación sobre teorías que avizoran alternativas sociales y organizacionales en una dialéctica histórica entre la modernidad y la posmodernidad desde un locus de enunciación latinoamericano. Esta dialéctica permite establecer una mirada de los fenómenos organizacionales desde una perspectiva crítica, toda vez que se parte de una concepción en la que el tiempo actual se encuentra en una emergente etapa de reconfiguración histórica, bien en una modernidad como *proyecto inconcluso* (HABERMAS, 1989), que implica la apropiación crítica del proyecto moderno para el rescate del sentido emancipador de la razón, o bien en una *condición posmoderna* que da un sentido de culminación de las metanarrativas y grandes relatos de la modernidad (LYOTARD, 1984).

Esta mirada puede comprenderse como un paradigma general *contracorriente* en los estudios organizacionales y se basa, primordialmente, en los aportes de la teoría crítica y el posestructuralismo o posmodernismo (ALVESSON Y WILLMOTT, 1992). Entonces, para emprender estudios y análisis organizacionales que puedan partir desde una mirada no hegemónica en la administración, es decir, al margen de la corriente principal modernista o *mainstream* funcionalista, se precisa analizar los referentes teóricos señalados dentro de su diversidad y que además consoliden la praxis como punto de partida, para establecer una mirada sólida e iniciar la comprensión de los fenómenos que se suceden dentro de la organización;

en esta perspectiva sociocrítica se inserta el pensamiento de Guerreiro-Ramos.

En este contexto, el pensamiento crítico de Guerreiro-Ramos y su “Nueva Ciencia” organizacional son analizados desde sus conceptos seminales como la reducción sociológica, el hombre parentético y la teoría de la delimitación de los sistemas sociales, desde los conceptos de la utopía y de la ciencia. La profundización de estas nociones se mira desde varias facetas y ángulos, que demarcan la vasta obra de este pensador brasileño, quien fue influido también por la Escuela de Fráncfort (ANDREWS, 2000) y por lo cual lo identificamos como dentro de la corriente del pensamiento crítico; sin dejar de señalar que otros trabajos, como el de Faria (2009), discuten esta caracterización señalando que la concepción de Guerreiro-Ramos no se inscribe en la teoría crítica sino en el idealismo fenomenológico de Husserl.

La propuesta de Guerreiro-Ramos tiene, en efecto, un fuerte influjo de la fenomenología de Husserl (1999) y su propio concepto de reducción fenomenológica: el conocimiento de las esencias a través de la transición de una actitud ingenua a una actitud crítica<sup>2</sup>. “La reducción sociológica es una actitud metodológica que busca aprehender las estructuras fundamentales de los conceptos sociológicos, los fenómenos o los datos, mediante la reducción o la destilación de los presupuestos referenciales, de carácter histórico, de los hechos u objetos de la realidad” (GUERREIRO-RAMOS, 1958, p.

<sup>2</sup> La reducción fenomenológica husserliana, según Schmitt (1959), implica un cambio de actitud hacia un pensamiento crítico, a través de poner entre paréntesis y en suspensión lo que se da por hecho, para reflexionar sobre las esencias subyacentes.



20). También en la concepción del hombre parentético hay una fuerte influencia de Husserl (1999), quien planteó que el conocimiento de las esencias sólo es posible a través de la “parentización”, esto es, poner *entre paréntesis* lo que se supone como *ya sabido* para llegar a las esencias de las cosas.

La delimitación que Guerreiro-Ramos propone es un intento sistemático para superar el continuo proceso predominante de uniformizar tanto al ser humano como a la vida colectiva. La unidimensionalización es el proceso específico de socialización por el cual el ser humano internaliza profundamente el *ethos* del mercado y actúa de manera tal como si este *ethos* fuera la dimensión normativa absoluta del espectro total – el único color del arco iris - de las relaciones interpersonales. Del mismo modo, se pone en evidencia que el campo organizacional es una trama compleja y compuesta por varias dimensiones, especialmente constituida por las relaciones entre los sujetos que lo conforman y que demanda una mayor comprensión de los fenómenos en las organizaciones en la que se desenvuelven y actúan estos individuos, en contraste con la visión meramente instrumental EN que se centra el mercado y a la maximización de la eficiencia y la productividad. Guerreiro-Ramos establece un modelo de razón substantiva, para satisfacer las necesidades de la realización personal con los escenarios sociales y organizacionales, como un pensamiento que apenas comienza a ser descubierto por los estudios sobre la gestión en América Latina.

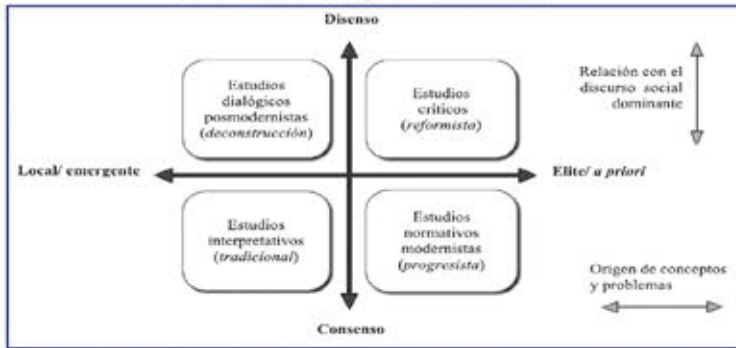
## 2. Discusión

### Perspectivas en los estudios de la gestión

Las vertientes teóricas crítica y posmodernista son miradas alternativas a la hegemonía funcionalista en la administración (KAYTAL, 2009; VIEIRA y CALDAS, 2006); y, según Alvesson, Bridgman y Willmott (2001), se incorporan dentro de una línea llamada crítica, aunque en muchos aspectos teóricos y epistemológicos son antitéticas. Son perspectivas con las que se puede intentar una reorientación de la corriente instrumental predominante en los estudios en administración. Alvesson y Deetz (2005) idearon una matriz (ver figura 1. *infra*), que guarda analogía con la que propusieron Burrell y Morgan (1979), en relación con las posturas en la investigación organizacional, en la que se puede observar que la teoría crítica y el posmodernismo son similares en la medida en que contrastan sus perspectivas de “disenso” con los demás enfoques, explicitados en el eje vertical como “relación con el discurso dominante”; pero, a su vez, son diferentes entre sí en la forma de abordar los conceptos y los problemas de investigación.

En el eje horizontal se nota que el posmodernismo contrasta su enfoque en lo “local/ emergente” con las concepciones de la mirada en la “elite/ a priori” de la teoría crítica, que se convierte en una manera “interesante de pensar acerca de las diferencia entre los discursos posmodernistas y de la teoría crítica” desde una mirada “metateórica”; y los autores aclaran que no tratan de “identificar paradigmas sino discursos particulares” (ALVESSON y DEETZ, 2005, p. 68-69).

**Figura 1**  
**Discursos en la investigación organizacional**



Fuente: Adaptado de Alvesson y Deetz (2005).

La interpretación de esta matriz permite contrastar los dos ejes en posiciones divergentes, por ejemplo, en el eje vertical: si el consenso (c) significa una confianza en la investigación, el disenso (d) es la sospecha; la integración y la armonía son posibles (c), en contraste con la dominación y el conflicto (d); la metáfora epistemológica dominante es el “espejo que refleja” (c), se opone a una metáfora del lente que “mira y lee” (d); la ciencia es “neutral” (c) frente a la ciencia que es “política” (d); el investigador es anónimo y fuera del espacio tiempo que descubre (c) en oposición al investigador históricamente situado que se posiciona (d).

En el eje horizontal que mira una dicotomía entre lo local/ emergente (l) y la elite/ a priori (e): si se estudia la comparación de las comunidades (l), contrasta con el estudio de una comunidad privilegiada (e); los estudios particulares (l) en oposición a lo universal (e); si en el uno hay narrativas locales (l), en el otro grandes narrativas y emancipación (e); la primera mira lo extraño (l) el segundo lo familiar (e); si el uno mira lo sensual y el sentido (l), el otro la racionalidad y la verdad.

La formación de la disciplina administrativa surgió a finales del siglo XIX, con clara meta de ejercer estrategias para el mejoramiento de la eficiencia y productividad; y evidentemente, no nació con una reflexión filosófica centrada en el desarrollo y la emancipación del ser humano en los entornos laborales. Por tanto, desde su génesis, la gestión o administración se consolidó como una serie de recetas de carácter instrumental para constituirse en un soporte a la cadena productiva que estuviera directamente relacionada con el incremento de la rentabilidad. La reflexión, por el contrario, requiere de un proceso de exégesis.

La administración y la gerencia en el mundo académico han seguido fiel a los imaginarios que se han creado en torno a la “eficiencia” de los estudiantes de los *MBA*, que se orientan a dotar a los directivos de habilidades instrumentales, y en cuya formación los discursos heterodoxos y críticos se quedan en buenas intenciones, casos excepcionales se dan en la formación académica en instituciones que mantienen programas o líneas de investigación crítica, como la del grupo en “Humanismo y Gestión” de la escuela de gestión *HEC*, afiliada a la Universidad de Montreal, que parte de una postura humanista radical, inspirada en el pensamiento de Omar Aktouf (2001) y Jean-François Chanlat (1998).

Pertenciente a esta corriente intelectual es el caso del grupo “Nuevo Pensamiento Administrativo” de la Universidad del Valle en Cali, que trabaja el concepto de las prácticas inhumanas en el trabajo. En esa misma línea se ubica el “Laboratorio de Investigación en Estrategia, Estructura y Decisión” de la Universidad Nacional de

Colombia, y el “Grupo de Investigación en Perdurabilidad Empresarial” de la Universidad del Rosario de Colombia, que enfatiza los temas sobre el pensamiento complejo (SAAVEDRA MAYORGA, 2009). Adicionalmente, se debe mencionar la línea que dejó trazada el investigador Eduardo Ibarra Colado (1957-2013), de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, en México.

Se podría complementar indicando que en América Latina esta visión crítica se encuentra liderada por algunos profesores dentro de las escuela de administración en la Fundación Getulio Vargas, en la *Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas (EBAPE)*, en Río de Janeiro; y en los grupos de investigación en línea crítica de la *Universidade Federal de Santa Catarina*, de la *Universidade Federal do Rio de Janeiro* y de la *Universidade Federal do Rio Grande do Sul*, por ejemplo, en Brasil, sin constituir una lista exhaustiva. Esta tendencia de estudios críticos de la gestión es seguida por el grupo de académicos de la Universidad Andina “Simón Bolívar”, sede Ecuador, con su taller de estudios de la gestión, en la que consta una línea crítica en los estudios organizacionales.

Tanto la escuela brasileña como la naciente ecuatoriana tienen influencia del sociólogo brasileño Alberto Guerreiro-Ramos, quien escribió varias obras sobre el tema organizacional inspirado, en parte, en los filósofos de la teoría crítica; la reflexión metodológica de este autor es su *reducción sociológica*, que dice que los problemas de una sociedad particular se explican por la fase en que tal sociedad se encuentra; y el de la ley del carácter subsidiario de la producción científica que expresa que toda producción científica extranjera es en principio auxiliar, o sea, no es un modelo o paradigma, sino un apoyo para la producción del

conocimiento local (GUERREIRO-RAMOS, 1965). Es en este marco que trabajamos este ensayo para destacar la perspectiva crítica en administración, que surge desde un locus de enunciación y de praxis latinoamericanos.

La perspectiva crítica en la administración invita a tener una mirada doble, afirma Tenório (2010), pues mientras más se acerca uno a su estudio, más se aleja del objeto; es decir, la profundización de los conocimientos implica que hay mayor complejidad cuando se quiere cambiar la perspectiva tradicional o desde la visión de los dominadores a los dominados. En otras palabras, cuanto más se trata de concebir la administración como área de conocimiento aplicado, más se aleja uno de ella al tratar de comprender sus preceptos.

Esta perspectiva precisa de una mirada dinámica de doble enfoque, de un movimiento de paneo que debemos ejercer en nuestro actuar como académicos: alejarnos para tener la panorámica de los valores de la racionalidad substantiva y de la reciprocidad, acercarnos para proponer categorías de análisis del cotidiano administrativo, y volver a alejarnos para someter a crítica también estas nuevas propuestas, para deconstruirlas y darles nuevos significados; en un permanente ejercicio de paneo que denuncia, anuncia y construye, para volver en movimientos de espiral a generar nuevas propuestas de imaginación organizacional.

Este movimiento de paneo muestra también las varias esferas en el mundo de la administración: la perspectiva que se aleja de lo cotidiano permite pensar, deconstruir lo que está subyacente y proponer nuevos significados desde la perspectiva de la emancipación del ser humano,

aportando al crecimiento de la teoría; así como también la mirada que se acerca a la práctica administrativa para proponer criterios de caracterización, aportando al desarrollo de la técnica administrativa. Un ir y venir entre la reciprocidad y la cohesión, sin quedar atrapados en la jaula del control de los dominadores. De los dos enfoques, el que privilegia nuestra mirada es el de la ontología y la epistemología, por sobre la técnica y la metodología.

Una perspectiva típica instrumental de la organización, la ve como inserta en el mercado, en el cual experimenta su trabajo y sus problemas en términos de su propio mundo local, pero no es capaz de comprenderla como parte de un marco de referencia mayor. Por tanto, es preciso que se desarrolle una capacidad de imaginación organizacional que permita entender el verdadero significado de su propia experiencia social.

## **La utopía como método de imaginación organizacional**

Ruth Levitas (2010) propone la reconsideración de la utopía como método sociológico, recordando el interesante hecho de la presentación que hiciera H. G. Wells –reconocido autor de *La Guerra de los Mundos*– cuando postulara a su membresía en la Real Sociedad de Sociología. En ella, Wells planteó la utopía como el método distintivo y único de la sociología, en el sentido de que las configuraciones sociales alternativas surgían como fruto del pensamiento utópico en el ensamble de nuevas concepciones de las relaciones de poder y las estructurales sociales. Las organizaciones existen en la sociedad, y por extensión, los autores de este ensayo consideran que las configuraciones y arreglos organizacionales pueden

servirse del pensamiento utópico como método para encontrar alternativas nuevas a las predominantes; estas últimas se basan en el cálculo utilitario de consecuencias y en la hegemonía del mercado.

Se trata de constatar que existen otras maneras de pensar acerca de cómo los seres humanos pueden organizarse, y que estas alternativas surgen primero en la mente del estudioso y en el pensamiento utópico. Las utopías clásicas pueden ser vistas como imaginaciones mentales que proponen diferentes enlaces con las principales variables de la organización. Tomás Moro (2004), por ejemplo, escribe sobre las formas alternativas de la democracia, la división del trabajo, la movilidad social, la economía y el intercambio; así como del derecho y la moral, la educación y el control –entre otras cuestiones. Similares abordajes se pueden hacer analizando *La República* de Platón (1975), obra en la cual, por ejemplo, Sócrates propone mirar al mercado como el espacio en el cual los seres humanos comparten el fruto de su trabajo. De igual suerte, Campanella, Bacon y otros autores de las utopías clásicas, han tratado en sus obras sobre las dimensiones del “espacio-dinámica organizacional”, sea viajando a lugares lejanos o transportándose en el tiempo hacia el pasado o el futuro. En estas obras aparecen formas diferentes en las que se puede imaginar los ensambles en los cuales los seres humanos pueden organizarse para trabajar juntos en la búsqueda de objetivos comunes.

Un punto importante del pensamiento utópico, como lo señalara claramente Mannheim (1987), consiste en el hecho de que la utopía, incongruente por naturaleza con la realidad que se vive en un lugar y momento determinados, es fundamentalmente subversiva contra el pensamiento



hegemónico o predominante. La esencia de la utopía es la búsqueda de la transformación de lo existente, la formulación de lo inédito realizable, la capacidad anticipadora de posibilidades. En el momento en que una utopía se logra, deja de ser utopía, pues su esencia es estar siempre en camino de búsqueda de nuevos horizontes; de lo contrario, se convierte en ideología que trata de mantener el *status quo*, las relaciones de poder o las estructuras predominantes. ¿No es acaso signo de permanente búsqueda y apertura que Tomás Moro propusiera que en la oración fundamental, en el Credo de los utópicos, se rogara por tener la mente abierta a nuevas posibilidades, a cambiar incluso de religión, si una mejor apareciera en el futuro? (MORO, 2004, p. 305).

En este sentido la utopía puede verse como una investigación sistemática de principios alternativos de organización (PARKER, 2002). La mayoría de las utopías se basan en la reformulación de las estructuras y dinámicas sociales; en el campo de la administración, esta utopía metodológica permite concebir nuevas formas de organización distintas de las de la hegemonía gerencial del mercado o de la forma empresarial funcionalista. Las reglas explícitas e implícitas necesitan ser deconstruidas y reensambladas, los principios de jerarquía y autoridad decisoria deben ser repensados, los principios de reciprocidad y ética requieren ser valorados, y así sucesivamente. De manera concreta, no creemos que exista solo una manera mejor en la que los seres humanos puedan organizarse.

Marcelo Milano Vieira y Rosimeri Carvalho da Silva (2011), en sus propuestas sobre nuevas posibilidades de estudios de la organización, plantean que es necesario

estudiar formas distintas de la empresa y que se precisa definir cómo las conceptualizamos. Así, afirman, se puede extender el objeto de estudio y cruzar las barreras entre las disciplinas para contribuir a la construcción de otros modos posibles de organizar la sociedad. Coinciden con lo que planteamos, en el sentido de que es necesario quitar la técnica del centro de las explicaciones que se dan a las construcciones humanas y adoptar la organización y la producción de organización como un fenómeno social total que trasciende las barreras de las disciplinas.

La alternativa a la unidimensionalidad o uniformidad es un *ethos* que permite la autorrealización de los seres humanos y el ejercicio histórico de la racionalidad sustantiva en un mundo de la vida en que el hombre y la república están por sobre el capital y el mercado, los que en la delimitación pierden su presencia hegemónica y tienen más bien una existencia subsidiaria, de apoyo o auxiliar. Las categorías de análisis de nuestra línea de investigación, en el que se inscribe este ensayo, consideran el trabajo como espacio de emancipación del ser humano, la autoridad decisoria como espacio social deliberativo, y la racionalidad sustantiva como el principio orientador del sistema social. Con estos lentes pueden analizarse y contrastarse la diversidad de organizaciones existentes en una sociedad particular, con la que están indisolublemente imbricadas en su dinámica histórica.

## **La imaginación organizacional en Guerreiro-Ramos**

La vasta obra de Guerreiro-Ramos puede ser abordada desde varias perspectivas; este artículo se aproxima a ella con el objetivo de valorar sus percepciones sobre

el fenómeno administrativo, en las que se ha priorizado un examen sociológico e histórico, y sus relaciones de significado con la utopía y la ciencia. Para ello se plantea, en primer lugar, el significado de la utopía cómo método de imaginación organizacional y luego el sentido del estatus científico de los estudios organizacionales. En base a estas reflexiones se analiza la obra de Guerreiro-Ramos expresada en sus propuestas de la reducción sociológica, el hombre parentético, la teoría de la delimitación de los sistemas sociales, y la nueva teoría de la administración.

La imaginación sociológica, según Mills (1959), permite que un individuo relacione su propia experiencia personal con las condiciones del contexto mayor de la sociedad. La imaginación organizacional permite comprender la historia y la narrativa de la organización y sus relaciones dentro de la sociedad. En este sentido la organización es una fracción de la sociedad en movimiento. La imaginación organizacional implica mantener una actitud de apertura, y crítica a la vez. Se intenta mostrar en este texto que la re-imaginación del “espacio-dinámica organizacional” (MATOS MARTINS, 2011) tiene que ir mano a mano con una exploración de la imaginación como uno de los sitios claves en donde se juegan las agendas organizacionales. La “imaginación” es el nuevo nombre de la utopía. La utopía, en esencia, es la declaración de una organización alternativa.

Imaginamos a la organización tanto como el actuar humano que organiza, como el sistema social por él organizado. Las organizaciones son sistemas sociales en los que sus participantes trabajan para el logro de determinados objetivos y actúan animados por cierto principio orientador. Estas organizaciones están

profundamente imbricadas en la trama social y actúan con su propia dinámica inserta en la historia de su sociedad concreta. Por ello miramos a la organización tanto como un sistema social como una praxis social, tanto como el espacio concreto de trabajo como el actuar que lo configura históricamente. En este sentido, concebimos a las organizaciones como un tejido, en el que cada una de sus tramas contiene fracciones de la sociedad en movimiento.

Esta idea de la organización como fracción de la sociedad en movimiento, en el sentido de que una organización está indisolublemente tejida con la historia y la vida que anima a una sociedad concreta, es un desplazamiento del concepto propuesto originalmente por Santos (1988) para el espacio, que lo concebía como un sistema geográfico-natural-social: *“El espacio es (...) un conjunto de formas, cada una de las cuales contiene fracciones de la sociedad en movimiento”* (SANTOS, 1988, p. 9)

Desplazando el concepto que Mills planteara hacia el mundo de las organizaciones, se podría expresar que, una organización típica inserta en la corriente predominante del mercado experimenta su trabajo y sus problemas en términos de su propio mundo local, pero no los comprende como parte de un marco de referencia mayor. Por tanto, es preciso que se desarrolle una capacidad –que Guerreiro-Ramos llama la reducción sociológica- que permita entender el verdadero significado de su propia experiencia social.

Cabe preguntarse en este punto si la utopía o imaginación organizacional que destacamos en el pensamiento crítico de Guerreiro-Ramos tiene el estatus

de ciencia planteado en su obra cumbre “*The New Science of Organizations: A reconceptualization of the Wealth of Nations*” (1981). El propio título, desde la perspectiva del autor, postula no solamente la idea de una nueva mirada científica al fondo organizacional, sino que tiene grandes pretensiones como para reconceptualizar la obra clásica de Adam Smith y discutir la posición hegemónica del mercado en la sociedad y en la vida humana. ¿Cuál es, entonces, la “ciencia” en la “Nueva Ciencia”? Para aproximarse a las características que definen a la ciencia –y así interpretar la obra de Guerreiro-Ramos- se parte de la reconocida propuesta de King, Keohane y Verba (1994), quienes argumentan que la investigación científica tiene cuatro características fundamentales:

1) Su objetivo es hacer inferencias que van más allá de las observaciones particulares que se obtienen, es decir existe la aspiración de emprender en un proceso de generalización, que puede aplicarse en otros contextos similares; estas inferencias pueden ser causales o descriptivas; 2) Los procedimientos son públicos: la investigación científica utiliza métodos y procedimientos que se declaran de manera explícita y extensiva, de forma tal que su confiabilidad puede ser evaluada y contrastada –tal vez replicada- por otros investigadores curiosos; en las ciencias sociales, todos los aspectos de la producción del conocimiento deben darse a conocer de manera expresa y abierta para todos; 3) Las conclusiones son inciertas; por definición, el proceso de inferencia es un proceso imperfecto y que trata con la incertidumbre; debemos convencer de que nuestras estimaciones son razonables, con la humildad reconocer que no son definitivas y están sujetas a nuevas aproximaciones y hallazgos; 4) El contenido es el método; al contrario de lo que generalmente

podría suponerse, lo científico no está en la disciplina, sino en el método, en el camino del descubrimiento, que es lo que da unicidad a la ciencia.

Duneier (2012) propone que a estas características de la ciencia, debería agregarse una quinta, particularmente para las ciencias sociales: la reflexividad, esto es, la forma en que la participación del investigador influye en los hallazgos, pues todos tienen su propio locus de enunciación –que depende de quién habla, desde dónde y para quién se habla- y las inclinaciones personales tienen una influencia a veces no percibida sobre la actividad investigativa.

En base a este abordaje del estatus científico en las investigaciones sociales, se propone que la obra de Guerreiro-Ramos, que él mismo define en la última fase de su pensamiento como “La Nueva Ciencia”, es en efecto ciencia, pues tiene los elementos que se han especificado anteriormente como características que distinguen a la ciencia social: su objetivo es la inferencia y la propuesta de un modelo general que es la “para-economía”; sus procedimientos son públicos y explícitos; sus conclusiones permiten avizorar nuevos ensambles organizacionales, aceptando la incertidumbre de sus propuestas como camino de descubrimiento, su método propuesto es el de la reducción sociológica, que lo hemos traducido como imaginación organizacional; y, finalmente, deja claro el particularismo que cada solución implica dependiendo de la perspectiva propia. Es importante, ahora, adentrarse en la esencia de la obra de Guerreiro-Ramos, para tomar las ideas claves de la reducción sociológica, el hombre parentético, la teoría de la delimitación de los sistemas sociales y la nueva ciencia de la administración.

En *A redução sociológica* Guerreiro-Ramos (1958) plantea que una comunidad requiere practicar la reducción sociológica para conocer su realidad, sirviéndose de las experiencias de otras, pero centrándose en la realización de su propio proyecto histórico. Con ello, busca impedir la transposición de problemáticas ajenas a la realidad estudiada. La reducción sociológica tiene un triple sentido: a) asimilación crítica de la ciencia foránea; b) resistencia a la masificación de la conducta y a las presiones organizacionales; y c) superación de la ciencia social de los “moldes” en que se encuentra (GUERREIRO-RAMOS, 1981).

Las teorías predominantes habían propuesto modelos deterministas, dejando de lado valores particulares y enfatizando en las características universales del mundo occidental industrializado. Guerreiro-Ramos objetó estas ideas, y argumentó que los países en la periferia no podían pasivamente e ingenuamente, seguir estos ejemplos. De allí que abogó por el desarrollo en Brasil de teorías propias, a través de la “asimilación crítica del patrimonio sociológico extranjero”.

Esta “reducción” se refiere a la *asimilación crítica*, como un proceso de “destilación” de las ciencias sociales internacionales, para reducirlas al componente que es relevante y útil para cada país. La literatura extranjera debe ser, por tanto, subsidiaria de la realidad latinoamericana (VENTRISS y CANDLER, 2005). Esta propuesta tiene un fuerte influjo de la fenomenología de Husserl (1999) y su propio concepto de reducción fenomenológica: el conocimiento de las esencias a través de la transición de una actitud ingenua a una actitud crítica. “La reducción sociológica es una actitud metodológica

que busca aprehender las estructuras fundamentales de los conceptos sociológicos, los fenómenos o los datos, mediante la reducción o la destilación de los presupuestos referenciales, de carácter histórico, de los hechos u objetos de la realidad” (GUERREIRO-RAMOS, 1958).

La agenda de la reducción sociológica la fue construyendo Guerreiro-Ramos a partir de dos categorías conceptuales, que las propuso al inicio de la década de los cincuenta del siglo pasado: a) la hipercorrección: tendencia de los actores sociales a atribuir una eficiencia directa a las ideas y teorías importadas, sin tomar en cuenta los contextos en los cuales fueron enunciadas y en los que se las aplica; y b) el pragmatismo crítico: característica de los actores sociales que se identifican con el elemento nacional y son sensibles a las condiciones del contexto en el que viven, de cuestionar la ejemplaridad abstracta de las ideas y teorías importadas, sirviéndose de manera oportunista de ellas.

El método de la reducción sociológica es una de las grandes contribuciones de Guerreiro-Ramos para los estudios críticos en administración. Este método fue revisitado en “*The New Science of Organizations*” (1981) para demostrar que la teoría organizacional mimetizaba a la sociología, en lo que se refiere al fenómeno de la hipercorrección, es decir, a la asimilación acrítica de ideas y métodos extranjeros. Como consecuencia, se genera una utilización inadecuada de conceptos, como, por ejemplo, el trasplantar ideas de la psicología individual hacia los contextos organizacionales, en lugar de producir definiciones apropiadas que surgen de la psicología social. Este *emplazamiento inapropiado de conceptos* (uso de los conceptos fuera de su contexto apropiado) se deriva



de su obra *La Reducción Sociológica*. Guerreiro-Ramos llama la atención sobre el conflicto entre el pensamiento administrativo visto como universal y el pensamiento administrativo visto desde una perspectiva particular (CANDLER, 2002). En la argumentación respecto a su defensa del particularismo administrativo, Guerreiro-Ramos presenta su propuesta sobre la reducción sociológica, como la necesidad de adaptar los conceptos universales a los casos particulares.

La administración pública está profundamente interrelacionada con la sociedad, y críticamente depende del contexto local, regional y nacional. Por tanto, la investigación política es crucial para comprender el contexto (VIEIRA, 2006), y América Latina debe adaptar las lecciones del desarrollo de otras naciones, sobre todo, las de los países desarrollados. Por un lado, Guerreiro-Ramos vio la diferencia entre centro-periferia como fundamental, y criticó fuertemente la adopción mecánica de las experiencias del desarrollo de los países centrales. Por otro lado, dentro de la periferia, él destacó el particularismo de cada país latinoamericano (CANDLER, 2002). El desarrollo de un país, por tanto, debe considerarse como un proyecto colectivo, con individualidad histórica, en la que éste pueda ser soberano de su realidad y determinar su futuro por sí mismo.

La preocupación de Guerreiro-Ramos por la sociedad contemporánea, se expresa en su artículo "*Modelos de Homem e Teoría Administrativa*" (1972), en el cual propone su concepto antropológico clave, el del "hombre parentético", fundamento del cual deriva su visión de la sociedad multicéntrica y el diseño de sus sistemas sociales (AZEVEDO y ALBERNAZ, 2006). También aquí hay una

fuerte influencia de Husserl (1999), quien planteó que el conocimiento de las esencias sólo es posible a través de la “parentización”, esto es, poner *entre paréntesis* lo que se supone como *ya sabido* para llegar a las esencias de las cosas. Metafóricamente, así como Platón basó su visión de la educación y desarrollo del ser humano, su *paideia*, comparándola con la ciudad ideal en la República, Guerreiro-Ramos plantea revisar la trayectoria de la teoría social y administrativa usando como punto de referencia tres modelos de ser humano: el hombre operacional, el hombre reactivo y el hombre parentético.

En el inicio de la teoría administrativa de Taylor se considera al ser humano como un hombre *operacional*, como un recurso a ser maximizado en términos de un producto medible y como una extensión de la máquina. El hombre operacional es un ser pasivo que debe ser programado para maximizar la producción; un ser calculador motivado por recompensas materiales, aislado e independiente de otros.

Los “humanistas” pretendieron mejorar la teoría organizacional planteando un ser humano alternativo, con una visión más sofisticada de la naturaleza de la motivación humana, con una visión de la organización como un sistema abierto y la consideración de los valores, los sentimientos y las actitudes en el proceso productivo. Este ser humano, según Guerreiro-Ramos, puede ser llamado como hombre *reactivo*. El hombre reactivo es un ser que reacciona, que se comporta de acuerdo con los estímulos funcionales a la organización, que se ajusta a los contextos del trabajo y no a su realización personal.

Como una emancipación del hombre operacional o reactivo, conformista, aprisionado en su inmediatez, Guerreiro-Ramos propone el hombre *parentético*; un ser en “suspensión”, que está “entre paréntesis”, con conciencia crítica sobre su realidad cotidiana. Esta conciencia crítica le permite poner entre paréntesis las creencias divulgadas o las normas impuestas, para reflexionar críticamente sobre ellas y, por tanto, ejercer su libertad. Además, el hombre parentético se *compromete éticamente* con la vida social, dejando de lado un relativismo irreflexivo. De esta forma, “la actitud parentética se define como la capacidad psicológica del individuo para separarse de sus circunstancias internas y externas. Los hombres parentéticos prosperan cuando termina (...) la ingenuidad social” (GUERREIRO-RAMOS, 1972).

Frente a un hombre organizacional, restringido por su sujeción al mercado, Guerreiro-Ramos plantea un hombre parentético con verdadera participación social. “Es por eso que hoy no basta administrar las organizaciones, es necesario administrar la sociedad toda” (GUERREIRO-RAMOS, 1972). Este es uno de los puntos centrales que permea la obra de Guerreiro-Ramos: un humanismo radical –en el sentido de raíz- que percibe el potencial de destrucción que se encuentra en el fenómeno organizacional moderno, sobre todo en las formas de organización utilitaristas y dominadas por el *ethos* del mercado.

El planteamiento básico de Alberto Guerreiro-Ramos (1976) es el de constituir varios escenarios y *enclaves* en la sociedad, en los cuales el ser humano pueda realizarse a sí mismo. Esta línea de pensamiento intenta responder a la problemática planteada por Hanna Arendt (1974),

respecto a constituir “lugares adecuados” que permitiesen al ser humano contemporáneo el ejercicio de actividades dirigidas a su realización. Por ello, Guerreiro-Ramos propone una formulación tipológica de seres humanos y los correspondientes escenarios sociales que puedan servir para el diseño organizacional.

El mercado es sólo un enclave más, ya no es el centro hegemónico. De esta manera se configura una propuesta de carácter multidimensional, con diversidad de posibilidades de realización individual y de consecución de logros sociales. La noción de delimitación social implica que: a) la sociedad se compone de múltiples dominios, dentro de los cuales los sujetos se asocian en diversas actividades; y b) un gobierno social que formula e implementa políticas para distribuir los recursos y tomar las decisiones necesarias para la interacción entre los diversos dominios o enclaves sociales.

La crítica de la razón instrumental, centrada en el mercado, propone la razón sustantiva, subjetiva, centrada en la realización del ser humano y en el entendimiento (SERVA, 1997; TENÓRIO, 2004). Las organizaciones actuales no son el escenario apropiado para esta autorrealización, pues pretenden la total inclusión de las personas en sus límites: la economía. El mercado es la fuerza que modela la sociedad como un todo. La naturaleza humana se la entiende dentro del mercado, el hombre, de acuerdo a su (des)empleo; la comunicación, como instrumental (maximiza el lucro), como política cognitiva que subordina y engaña. Una sociedad centrada en el mercado provoca degradación de la calidad de vida, inseguridad psicológica, contaminación, desperdicio de los recursos naturales del planeta, a más de producir

una teoría organizacional incapaz de construir espacios sociales gratificantes para el individuo y la comunidad.

Guerreiro-Ramos (1976) hace una distinción entre comportamiento y acción para esclarecer la teoría organizacional convencional. El comportamiento es una forma de conducta basada en la racionalidad funcional, desprovista de contenido ético de validez general y dictado por imperativos exteriores; la acción, en cambio, viene de la conducta ética de un agente que delibera sobre las cosas porque está consciente de sus finalidades. El problema radica en que el síndrome comportamentalista ha plagado la teoría organizacional convencional. Los rasgos de este síndrome son: a) la fluidez de la individualidad, que está relacionada con una relatividad moral, que no considera nada como bueno o malo en sí mismo, y con una conducta calculadora, guiada por las reglas objetivas de convivencia; b) el perspectivismo, que incluye la comprensión de que las conductas son afectadas por una perspectiva, llevando a que cada individuo calcule la visión del otro, para manipularlo; c) el formalismo, que contempla un conjunto de conductas amoldadas a los imperativos externos, a los cuales recurre el individuo para superar la alienación causada por el relativismo moral y el egocentrismo; y d) el operacionalismo, que recurre a los métodos de las ciencias naturales, de características matemáticas e inspiración positivista, como forma de validar y verificar el conocimiento, adscribiéndose a una orientación controladora del mundo e infiriendo que las cosas son resultados de causas eficientes, toda vez que interpreta el mundo como una sucesión de antecedentes y consecuentes.

La formulación teórica de Guerreiro-Ramos tiene una fuerte influencia de los estudios de Karl Polanyi (1944),

quien, como coordinador de un grupo interdisciplinario en Columbia University, estableció la concepción sustantiva de la economía en la década de los cuarenta del siglo pasado. Polanyi rechazaba la idea de que hubiese que tomar la razón instrumental como punto de partida para el análisis de todos y cada uno de los sistemas sociales y económicos. Él defendía la tesis de que la economía debía ser analizada como un proceso social, esto es, inserto en la configuración propia de cada sociedad históricamente definida. Por tanto, la racionalidad instrumental o de mercado no serviría como categoría de análisis para todos los sistemas económicos. En base a esta demarcación, Polanyi acuñó la expresión de concepción sustantiva, la cual concentra el interés sobre “los valores, la motivación y la política”. De allí que esta concepción de Polanyi va a constituir una de las principales fuentes de inspiración de Guerreiro-Ramos, y de la cual aprovechó el terminología sustantiva y en la que inspiró su planteamiento de la teoría de la delimitación de los sistemas sociales.

Frente a la visión instrumental, centrada en el mercado, orientada a la maximización de la productividad, Guerreiro-Ramos plantea un modelo de razón sustantiva, para satisfacer las necesidades de realización personal en múltiples escenarios sociales. En contra de esta visión unidimensional, centrada en el mercado y la economía, plantea una *ecología global* de existencia humana (BOEIRA, 2002). En esta consideración de la ecología humana y de respeto al ambiente, Guerreiro-Ramos fue un visionario, y es uno de los puntos de encuentro con el principio de Sumaq Kawsay (SALGADO, 2010), que ve al ambiente como la *Pachamama*, la madre que proporciona y protege la vida.

La utopía, como investigación sistemática de principios alternativos de organización, se encuentra expresada en el libro “*The New Science of Organizations: A reconceptualization of the Wealth of Nations*”, publicado en 1981 en Estados Unidos. Guerreiro-Ramos hace una crítica de la razón instrumental proponiendo la centralidad del ser humano frente a las organizaciones; luego discute los presupuestos o puntos débiles de la teoría organizacional convencional, para proponer un abordaje sustantivo de las organizaciones. Plantea, entonces, las directrices de la nueva teoría de las organizaciones, en base a un modelo multicéntrico de la sociedad, es decir, una sociedad compuesta por una variedad de organizaciones y de relaciones capaces de atender las diversas necesidades humanas.

Desde el primer capítulo de su libro, Guerreiro-Ramos (1981) plantea que la teoría organizacional predominante es ingenua (*naïve*), porque está determinada en base de la racionalidad instrumental, inherente a la ciencia social occidental. Esta ingenuidad ha permitido que la racionalidad instrumental consiga sus objetivos prácticos. Estos procesos han sido unidimensionales y han desfigurado la vida humana en sociedad, por lo que se cuestiona la ética administrativa predominante (CANDLER y VENTRISS, 2006). La formulación multidimensional propuesta por Guerreiro-Ramos permite buscar diversas formas organizacionales que tiendan a conjugar los objetivos de realización de las personas con una óptima asignación de recursos para la producción de bienes y servicios. Se toma en cuenta tanto actividades remuneradas como no remuneradas, escenarios formales como informales.

Para conceptualizar su visión multidimensional, Guerreiro-Ramos parte de la forma predominante y la denomina *economía*. Toma entonces las raíces griegas de la palabra: οικκο-νομία para proponer otros tipos organizacionales: *isonomía* (ισο νομία) (ισο : igual) y *fenonomía* (φενο νομία) (φενο: mostrar, manifestar lo oculto, crear). Esta construcción lingüística es muy interesante: οικκο νομία se entiende normalmente como administración, como el “cuidado de la casa”. Es importante notar que el significado original de νομία es el de *cuidar con ternura*, y que se lo aplicaba a las mujeres a cargo de los bebés. El significado de administración, en griego, es pues el de cuidar con amor el bien común. Este significado corresponde plenamente con el sentido original de la palabra latina *administrāre*, que significa servir, y se forma de *ad-min* (*min* significa mano, y *ad* es una preposición que indica movimiento), es decir el símbolo de dar la mano, de tender la mano.

El significado original de cuidado y servicio, se ha cambiado por un sentido de control y ahorro. En el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se tienen al menos cuatro acepciones del término *economía* en este último sentido: a) Contención o adecuada distribución de recursos materiales o expresivos. b) Ahorro de trabajo, tiempo o de otros bienes o servicios; c) Ahorros mantenidos en reserva; d) Reducción de gastos anunciados o previstos.

Guerreiro-Ramos llama la atención sobre el hecho de que los teóricos organizacionales convencionales han enfocado su interés solamente en las organizaciones económicas, dejando en segundo plano el análisis sistemático de la variedad de sistemas sociales presentes



en el espacio social. Considerando que las organizaciones económicas son apenas un caso particular de diversos tipos de sistemas, deberían limitarse a sus objetivos sin invadir el espacio vital humano. El comportamiento administrativo no puede ser considerado lo central en la vida humana, pues es incompatible con el desarrollo a plenitud de la persona. Por ello, es necesario crear otras oportunidades de realización individual en otros espacios sociales, evitando una “superorganización” que transforma la sociedad en un universo en el cual el individuo solamente es un actor de un papel determinado, sin espacio ni tiempo para una vida personal creativa.

Esta diversidad de tipos de organización puede ir desde un ambientes organizacional con gran normatividad (*economías*) hasta aquel con ausencia de normas (*anomías*), debiendo recordarse que los límites de las dimensiones consideradas son referenciales, en un *continuum* donde es posible encontrar diversas formas organizativas entre sus opuestos; en donde una diversidad de organizaciones pueden ser socialmente construidas. Uno de los objetivos del paradigma para-económico es una equilibrada asignación de recursos, tomando en cuenta la realidad de cada entorno. Así, la existencia de una economía diversa en un país puede constituir una ventaja en lugar de un inconveniente, que permite la coexistencia de comunidades del llamado tercer sector con otras formas de organización.

En uno de los escenarios de las categorías delimitadoras de la dimensión individual/comunitaria de organización, está el tipo de organización denominada *isonomía*, en la cual todos los miembros son iguales, en derechos y deberes, y les permite una realización personal;

es autograticante, sus actividades corresponden a *vocaciones*, más que a empleos, y en donde la toma de decisiones es consensual, por ejemplo en empresas comunitarias y cooperativas, entre otras. En otra parte está la *fenonomía*, donde existen sistemas sociales más o menos estables, de tamaño pequeño en número, con fines u objetivos compartidos. Son ejemplos de fenonomías: las comunidades científicas, los grupos de investigadores, las comunas de artistas, grupos ecológicos, y otros similares. De igual manera que en el caso anterior, sus miembros logran una realización personal, son autograticantes y sus actividades corresponden a vocaciones antes que a empleos. La tabla 1 resume este modelo para-económico así planteado.

Tabla 1

Modelo para-económico: Posibilidades de la utopía como imaginación organizacional

	Tecnología	Tamaño	Sistema cognitivo	Espacio	Tiempo
Economía (burocracia)	Alto grado de organización	Grande-mediano	Funcional	Socio-fugaz (centrifugo)	Serial (Cronos)
Isonomía (igualdad)	Orientada a la realización de los seres humanos	Moderado (Con un mínimo y un máximo)	Político	Socio-aproximado (centripeto)	Convivencial
Fenonomía (creatividad)	Orientada a la innovación	Pequeño	Personal	Socio-aproximado	Salto (Kairós) oportunidad

Fuente: Basado en *The New Science of Organizations* (GUERREIRO-RAMOS, 1981).

Para confluir, el *Principio de los Recursos Adecuados* (o de la diversidad de requisitos) establece que, para una variedad de sistemas sociales, éstos puedan seleccionar sus propios requisitos de planificación, con el objetivo de lograr que sus miembros accedan a condiciones de

realización personal y de satisfacción de necesidades. La adecuada selección de alternativas, entre las principales dimensiones de los sistemas sociales, permite el diseño apropiado de dichos sistemas. Guerreiro-Ramos propone cinco dimensiones: la tecnología, el tamaño, el sistema cognitivo, la distribución del tiempo, y la organización del espacio, que permitirán lograr mejores condiciones de vida para sus integrantes.

Reflexionemos ahora sobre los elementos de la utopía como imaginación organizacional que se encuentran en el modelo para-económico de Guerreiro-Ramos. La diversidad de alternativas por él planteadas tienen que ver, en primer lugar, con el tamaño o escala de la organización: Desde Weber (2005) a las actuales protestas antiglobalización (CASTELLS, 2012), una de las críticas principales se refiere a que la organización se está volviendo tan grande que deja de ser humana (KORTEN, 1995; MONBIOT, 2000). Esta dimensión gigante de las organizaciones tiene serias consecuencias como el gran poder e influencia que les permite pasar por alto sus límites; su cobertura y jerarquía hacen que la autoridad decisoria sea concentrada en pocas personas, a las que no se pide cuenta por los efectos de sus decisiones y además no favorecen la diversidad de modos de organización, pues las alternativas son pocas y tienden a la homogeneización.

Guerreiro-Ramos plantea también otras dimensiones en las que la acción de organización puede ser re-imaginada. Al plantear las formas ideales de fénomías e isonomías, llama la atención sobre las posibilidades que se encuentran en las organizaciones en las que la creatividad y la reciprocidad son esenciales para su generación y persistencia. De este modo propone una

gama de alternativas que discuten la visión de imperativos inmutables o de contingencias del entorno o suposiciones de corta visión sobre el control, autoridad decisoria, relaciones interpersonales, recompensas y sanciones.

La imaginación organizacional propuesta por Guerreiro-Ramos destaca el actuar racional sustantivo orientado por dos dimensiones: una dimensión individual, que se refiere a la autorrealización, comprendida como concretización de las potencialidades y la satisfacción; y una dimensión grupal, que se refiere al entendimiento y a la responsabilidad y satisfacción sociales. El actuar racional sustantivo se contrapone a la acción instrumental, cuyos elementos constitutivos son la acción basada en el cálculo, orientada para el alcance de metas técnicas o de finalidades ligadas a intereses económicos o de poder social, a través de la maximización de los recursos disponibles.

### 3. Conclusiones

El pensamiento de Guerreiro-Ramos, que para el efecto de este artículo se ha sintetizado en las propuestas de la reducción sociológica, el hombre parentético, la teoría de la delimitación de los sistemas sociales y la nueva ciencia de las organizaciones, puede comprenderse a la luz de los planteamientos respecto de la utopía como método de imaginación organizacional o la investigación sistemática de principios alternativos al *ethos* del mercado. La delimitación es un intento sistemático para superar el continuo proceso predominante de uniformizar tanto al ser humano como a la vida colectiva.

La unidimensionalización, el proceso específico de socialización por el cual el ser humano internaliza profundamente el *ethos* del mercado y actúa de manera tal como si este *ethos* fuera la dimensión normativa absoluta del espectro total – el único color del arco iris - de las relaciones interpersonales, es contrastada con la propuesta de diferentes escenarios, formas y dinámicas para rearticular los principios de la administración y sus diferentes dimensiones y dinámicas. El campo organizacional es un complejo multidimensional de relaciones entre los sujetos que lo conforman. Se puede intentar analizar ese complejo, descomponiéndolo en algunas dimensiones o variables que se consideren como significativas para su comprensión. Sin embargo se debe tener en cuenta que sólo se lo hace con este propósito, pues la dinámica del campo organizacional responde a la convergencia de las relaciones entre todas sus variables y no solamente de alguna de ellas.

La alternativa a la unidimensionalidad o uniformidad es un *ethos* que permite la autorrealización de los seres humanos y el ejercicio histórico de la racionalidad sustantiva en un mundo de la vida en que el hombre y la república están por sobre el capital y el mercado, los que en la delimitación pierden su presencia hegemónica y tienen más bien una existencia subsidiaria, de apoyo o auxiliar. Las categorías de análisis de nuestra línea de investigación, en el que se inscribe este ensayo, consideran el trabajo como espacio de emancipación del ser humano, la autoridad decisoria como espacio social deliberativo, y la racionalidad sustantiva como el principio orientador del sistema social. Con estos lentes pueden analizarse y contrastarse la diversidad de organizaciones existentes en una sociedad particular, con la que están indisolublemente imbricadas en su dinámica histórica.

Para comprender las organizaciones es necesario entender a la sociedad en la que actúan. Por ello, el ensamble de las variables del campo organizacional requiere verse tanto desde una perspectiva societaria macro –las ciudades y espacios virtuales en los que actúan– así como desde una perspectiva organizacional micro. Imaginamos a la organización tanto como el actuar humano que organiza, como el sistema social por él organizado. Las organizaciones son sistemas sociales en los que sus participantes trabajan para el logro de determinados objetivos y actúan animados por cierto principio orientador. Estas organizaciones están profundamente imbricadas en la trama social y actúan con su propia dinámica inserta en la historia de su sociedad concreta. Por ello miramos a la organización tanto como un sistema social como una praxis social, tanto como el espacio concreto de trabajo como el actuar que lo configura históricamente. En este sentido concebimos a las organizaciones como un tejido, en el que cada una de sus tramas contiene fracciones de la sociedad en movimiento.

El mercado en la para-economía debe ser regulado en forma de no dañar los enclaves isonómicos y fenonómicos que van surgiendo socialmente, como serían los sistemas mutuales, cooperativos, comunales, o fábricas gestionadas por sus dueños-trabajadores, que son el embrión de un tipo de organizaciones, que propician la diversidad y la sustentabilidad. Los sistemas auto sustentados son complementarios de los establecidos en las economías actuales y su interrelación los fortalece.

Se ha considerado el campo organizacional como un ensamble dinámico que ocurre en un contexto societario macro –tanto configurador del campo organizacional como

configurado a su vez por éste - y que puede verse de manera multidimensional combinando las diferentes formas de comprender el espacio, el tiempo, la tecnología y el entorno simbólico. La sociedad y los campos organizacionales están en constante movimiento y acción recíproca, y las variables que hemos analizado se desplazan e influyen mutuamente en un complejo indisoluble, pues hay diversos ensambles organizacionales posibles e imaginables, que pueden y deben ir cambiando en su dinámica particular e histórica, en la búsqueda de la razón substantiva y de la realización plena del ser humano.

La perspectiva crítica en la administración precisa de una mirada dinámica de doble enfoque, de un movimiento de paneo que debemos ejercer en nuestro actuar como académicos: alejarnos para tener la panorámica de los valores de la racionalidad sustantiva, acercarnos para proponer categorías de análisis del cotidiano administrativo. La perspectiva de la utopía nos impulsa para volver a alejarnos y someter a crítica también estas nuevas propuestas, para deconstruirlas y darles nuevos significados; en un permanente ejercicio de paneo que denuncia, anuncia y construye; para volver, en movimientos de espiral, a generar nuevas propuestas de imaginación organizacional.

#### 4. Referencias

- AKTOUF, O. **La metodología de las ciencias sociales y el enfoque cualitativo en las organizaciones.** Cali: Universidad del Valle, 2001.
- ALVESSON, M., BRIDGMAN, T.; WILLMOT, H. **The Oxford Handbook of Critical Management Studies.** New York: Oxford University Press, 2001.
- ALVESSON, M.; DEETZ, S. Critical Theory and Postmodernism: Approaches to Organizational Studies. En C. Grey; H. Willmott (Edits.), **Critical Management Studies. A Reader** (p. 60-106). New York: Oxford University Press, 2005.
- \_\_\_\_\_. Critical Theory and Posmodernism Approaches to Organizational Studies. En S. R. Clegg, C. Hardy, T. B. Lawrence; W. R. Nord (Edits.), **The SAGE Handbook of Organization Studies** (Second Edition ed., p. 255-283). London: SAGE, 2006.
- ALVESSON, M.; WILLMOT, H. Critical Theory and Management Studies: An Introduction. En M. Alvesson; H. Willmott (Edits.), **Critical Management Studies.** London: Sage, 1992
- ANDREWS, C. Revisiting Guerreiro Ramo's The New Science of Organizations Through Habermasian Lenses: A Critical Tribute. **Praxis**, v. 22, n. 2, p. 246-272, 2000.
- ARENDT, H. **La Condición Humana.** Barcelona: Seix Barral, 1974.
- AZEVEDO, A.; ALBERNAZ, R. Alberto Guerreiro Ramos's Anthropological Approach to the Social Sciences: The Parenthetical Man. **Administrative Theory & Praxis**, v. 28, n. 4, p. 501-521, 2006.



- BOIERA, S. L. Ecología Política: Guerreiro Ramos e Frit Jof Capra. **Ambiente & Sociedad**, Año V, n. 10, p. 1-21, 2002.
- BURRELL, G.; MORGAN, G. **Sociological Paradigms and Organisational Analysis**. London: Heinemann Educational Books Ltd, 1979.
- CANDLER, G. G. Particularisms versus Universalism in the Brazilian Public Administration Literature. **Public Administration Review**, v. 62, n. 3, p. 298-306, 2002.
- CANDLER, G. G.; VENTRISS, C. Symposium - The Destiny of a Theory: Beyond the New Science of Organizations. Introduction to the Symposium: Why Guerreiro. **Administrative Theory & Praxis**, v. 28, n. 4, p. 495-500, 2006.
- CASTELLS, M. **Networks of Outrage and Hope: Social Movements in the Internet Age**. Polity Press, 2012.
- CHANLAT, J. F. **Sciences sociales et management**. Paris: Éditions Eska, 1998.
- DUNEIER, M. **Introduction to Sociology**. Online MOOC. Coursera. Princeton University, 2012.
- FARIA, J. H. Consciência crítica com ciência idealista: paradoxos da redução sociológica na fenomenologia de Guerreiro Ramos. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 7, n. 3, p. 419-446, 2009.
- GUERREIRO RAMOS, A. A redução sociológica, em Heidemann, F (2001) Nota Bibliográfica de a “Modelos de Homem e Teoria Administrativa”. **Caderno de Ciencias Sociais Aplicadas**, PUC-PR/Mestrado em Administração. n. 3, dez. 2001, [1958] 2001.

- \_\_\_\_\_. **A redução sociológica.** Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1965.
- \_\_\_\_\_. Modelos de Homem e Teoría Administrativa. **Public Administration Review**, v. 32, n. 3, p. 241-246, 1972.
- \_\_\_\_\_. Theory of Social Systems Delineation: A Preliminary Statement. **Administration and Society**, v. 8, n. 2, p. 249-271, 1976.
- \_\_\_\_\_. **The New Science of Organizations. A Reconceptualization of the Wealth of Nations.** Toronto: University of Toronto Press, 1981.
- HABERMAS, J. **El Discurso Filosófico de la Modernidad.** Madrid: Taurus, 1989.
- HUSSERL, E. **Ideas Relativas A Una Fenomenologia Pura.** México D. F.: Fondo de Cultura Económica, 1999.
- KAYTAL, S. **Critical Management Studies: Perspectives on Information System.** New Delhi: Global India Publications Pvt Ltd, 2009.
- KING, G., KEOHANE, R., VERBA, S. **Designing Social Inquiry: Scientific inference in qualitative reasearch.** Princeton. Princeton University Press, 1994.
- KORTEN, D. **When Corporations Rule the World.** West Hartford, Ct: Kumarian Press, 1995.
- LEVITAS, R. Back to the future: Wells, sociology, utopia and method. **The Sociological Review**, v. 58, n. 4, p. 530–547, p. 2010.
- LYOTARD, J. F. **La condición postmoderna** (8va. ed.). Madrid: Cátedra, 1984.

- MANNHEIM, K. **Ideología y Utopía. Introducción a la sociología del conocimiento.** Traducción de Salvador Echavarría. México. Fondo de Cultura Económica, 1987.
- MATOS MARTINS, P. E. **O Espaço-Dinâmica Organizacional em Perspectiva Histórica.** Instituto Ricardo Brennan. Recife: Instituto Ricardo Brennan, 2011.
- MILLS, C. W. **The Sociological Imagination.** Harmondsworth: Penguin, 1959.
- MONBIOT, G. **Captive State: The Corporate Takeover of Britain.** London. Macmillan, 2000.
- MORO, T. **Utopía.** Buenos Aires: Longseller. Clásicos de Siempre. Grandes Filósofos, 2004.
- PARKER, M. **Utopia and Organization.** Blackwell Publishing, 2002.
- PLATÓN. **La República.** Barcelona: Editorial Vosgos. Colección Grandes Maestros, 1975.
- POLANYI, K. **The Great Transformation: The Political Origin of Our Time.** Boston: Beacon Press, 1944.
- SAAVEDRA MAYORGA, J. J. Descubriendo el lado oscuro de la gestión: los Critical Management Studies o una nueva forma de abordar los fenómenos organizacionales. **Revista Facultad de Ciencias Económicas: Investigación y Reflexión**, Diciembre de 2009, p. 45-60, 2009.
- SALGADO, F. Sumaq Kawsay: The birth of a notion? **Cadernos EBAPE.BR**, v. 8, n. 2, p. 198-208, 2010.

- SANTOS, M. **Metamorfoses do espaço habitado, fundamentos teórico e metodológico da geografia.** São Paulo: Hucitec, 1988.
- SCHMITT, R. Husserl's transcendental-phenomenological reduction. **Philosophy and Phenomenological Research**, v. 20, n. 2, p. 238–245, 1959.
- SERVA, M. A racionalidade substantiva demonstrada na prática administrativa. **Revista de administração de empresas**, v. 37, n. 2, p. 18-30, 1997.
- TENÓRIO, F. **Tem Razao a administracao?** Cap VI: [Neo] Tecnócratas ou [Neo]Bobos? Eis a Questao. Ijuí: Editora Unijuí de Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2004.
- \_\_\_\_\_. Las teorías organizacionales bajo el orden y el progreso. O como los muertos comandan los vivos. **PEGS/EBAPE/FGV** Primer Semestre de 2006, 2006.
- \_\_\_\_\_. La mirada de Janus a la Administración. ¿Pero cuál mirada? **PEGS/EBAPE/FGV** Primer Semestre de 2010, 2010.
- VENTRISS, C.; CANDLER G. G. Alberto Guerreiro Ramos, 20 Years Later: A New Science still Unrealized in an Era of Public Cynicism and Theoretical Ambivalence. **Public Administration Review**, v. 65, n. 3, p. 347-359, 2005.
- VIEIRA, M. M. Por uma boa pesquisa (qualitativa) em adminstracao. En M. M. Vieira; D. M. Zouain, **Pesquisa qualitativa em administracao** (p. 13-28). Rio de Janeiro: Editora FGV VIEIRA, M. M, 2006.
- VIEIRA, M. M.; CALDAS, M. P. Teoria crítica e pós-modernismo: principais alternativas à hegemonia funcionalista. , **RAE Rev. adm. empres.** v. 46, n. 1, p. 59-70, 2006.

VIEIRA, M. M.; DA SILVA, R. Eight propositions towards new possibilities of studying organizing and organizations. **Brazilian Administration Review, Curitiba**, v. 8, n. 4, art. 6, p. 454-467, 2011.

WEBER, M. **Economia y Sociedad**. Barcelona: Areté, 2005.



## **Generación de información temática a partir de ortofotografía, como insumo para actualizar los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial**

**Delgado Inga, Omar**

Correspondencia: [odelgado@uazuay.edu.ec](mailto:odelgado@uazuay.edu.ec)

## Resumen

La actualización de los Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PD y OT) son obligatorios para los diferentes niveles de gobierno autónomo descentralizado GAD, al inicio de cada período de administración. Si bien está disponible la información cartográfica base y temática para la elaboración de los PD y OT, es necesario contar con información actualizada. En este sentido existe información disponible en la ortofotografía y modelos digitales de terreno del año 2010, generados en el proyecto SIG Tierras del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca – MAGAP, que no está siendo utilizada para los procesos de actualización ya sea por desconocimiento de la existencia de dicha información o por desconocimiento de los procedimientos para generar información temática. En este documento se hace un planteamiento para generar información temática como insumo para actualizar los planes de desarrollo y ordenamiento territorial a nivel cantonal y parroquial.

**Palabras clave:** ortofotos, cartografía temática, cobertura y uso del suelo, modelos digitales de terreno, ordenamiento territorial.

## **Generation of thematic information supported by orthophotography as input to update Development and Land Use Planning**

### **ABSTRACT**

An update of Development and Land-Use Planning is required for different levels of the decentralized autonomous government at the beginning of each term of administration. These updates are necessary even though basic mapping and thematic information is available for the elaboration of development plans and land-use plans. Accordingly, there is information available from 2010 orthophotography and digital terrain models generated in the SIG project that included lands of the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fishing (MAGAP). This information is not being used to update the planning process, either due to ignorance of the existence of such information, or ignorance of the procedures to generate thematic information. In this paper, a proposal is presented to generate thematic information as input to update Development and Land-Use plans at cantonal and parish levels.

**Keywords:** orthophotos, thematic cartography, coverage and land use, digital terrain models, land management.



## **1. MARCO LEGAL DE LA ORDENACIÓN DEL TERRITORIO EN EL ECUADOR**

### **Constitución de 2008**

En la Constitución de la República del Ecuador (octubre 2008), Título V: Organización del Territorio dice: los gobiernos autónomos descentralizados tienen el deber y la obligación de trabajar sobre planificación para garantizar el ordenamiento territorial (Art.241 Constitución). En los artículos 262, 263, 264 y 267 se establecen las competencias para cada GAD por lo que deben asumir directamente el compromiso de orientar el proceso de planeación y ordenamiento de su desarrollo territorial.

En el capítulo VI, que trata del régimen de desarrollo se establecen los objetivos para la consecución del buen vivir, el sistema de planificación participativa para el desarrollo (Art. 279). Además en el Art. 280 se indica la obligatoriedad para con el Plan Nacional de Desarrollo, como “instrumento al que se sujetarán las políticas, programas y proyectos públicos; la programación y ejecución del presupuesto del Estado; y la inversión y la asignación de los recursos públicos; y coordinar las competencias exclusivas entre el Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados”.

### **El Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización COOTAD**

En el COOTAD se determina la organización del territorio: regiones, provincias, cantones y parroquias. Asimismo

se establecen las funciones, competencias exclusivas para cada uno de los niveles de gobiernos autónomos descentralizados, así como las atribuciones de autoridades.

En el art. 295: Planificación del desarrollo.- se indican los elementos mínimos de los planes de desarrollo y en el Art. 467: Ejecución de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial.- señala la obligatoriedad para actualizar los PD y OT al inicio de cada gestión.

En atención al requerimiento de actualización de los PD y OT el Consejo Nacional de Planificación, entidad rectora de la planificación en el país, expide en la resolución No. 003-2014-CNP los lineamientos y directrices para la actualización y reporte de información de los PD y OT de los GADs, publicada en el registro oficial No. 261 del 5.junio.2014.

La prelación en la aprobación de los planes de desarrollo y ordenamiento territorial corresponde a los GAD municipales y metropolitanos y luego en un plazo máximo de 5 meses, la aprobación respectiva de los GAD provinciales y parroquiales. Los contenidos principales y las fechas de presentación se indican en la tabla No.1.

Tabla No. 1. Fechas de presentación por contenidos, según nivel de gobierno autónomo descentralizado

<b>Gobiernos autónomos descentralizados</b>	<b>Diagnóstico</b>	<b>Propuesta y modelo territorial</b>	<b>Modelo de gestión</b>
Municipales o metropolitanos	15 de noviembre de 2014	15 de enero de 2015	15 de marzo de 2015
Provinciales y parroquiales	15 de abril de 2015	15 de junio de 2015	15 de agosto de 2015

## 2. Escalas de trabajo de los PD y OT

Domingo Gómez Orea, en su libro *Ordenación Territorial* 3ª edición, (2013), indica que se encuentra íntimamente ligado el ámbito del plan con la escala de trabajo y propone los siguientes ámbitos y escalas.

Tabla No. 2. Escalas de trabajo según ámbito del plan

Ámbito	Escala
Nivel estatal	1:1'000.000 a 1.100.000
Nivel regional	1:100.000 a 1:50.000
Nivel subregional (provincial)	1:50.000 a 1:10.000
Nivel local (municipal)	1:25.000 a 1: 5.000
Nivel particular (parroquial rural)	1:5.000 a 1:1.000

Gómez Orea (2013), señala que las escalas por debajo de las indicadas entran en el nivel de proyecto.

## 3. ¿De qué información se dispone para actualizar los PD y OT?

Mirando las escalas de trabajo para formular las actualizaciones de los PD y OT se pone en evidencia la pregunta ¿qué información disponemos para actualizar los PD y OT? El sistema nacional de información SNI tiene publicada en su página web información cartográfica base y temática en formato digital, específicamente en formatos SIG, a diferentes escalas desde 1:1'000.000 hasta 1:50.000, que corresponde a diferentes años de producción; información que cubre los ámbitos desde lo nacional hasta lo provincial. Entonces con qué información se pueden actualizar los planes a nivel municipal y parroquial.

El Estado ecuatoriano, a través del proyecto SIG Tierras del MAGAP, ha contratado la toma de fotografía aérea y la ortofotografía a nivel nacional a escala 1:5.000. Entre los beneficios esperados del proyecto SIGTierras se resalta “Planificar el ordenamiento territorial a nivel parroquial, cantonal, provincial, regional y nacional”. A marzo de 2015 se cuenta con 192.608 km<sup>2</sup> registrados en ortofotografía, que representan el 77.60% del Ecuador continental. Fuente [www.sigtierras.gob.ec](http://www.sigtierras.gob.ec), fecha de consulta 08.marzo.2015.

### **Información del proyecto SIGTierras**

La información levantada en el proyecto SIGTierras se realizó en cuatro fases:

- Vuelo fotogramétrico digital (sierra, selva y costa)
- Vuelo con sensor láser (Lidar) del 80 % de la zona de trabajo
- Trabajos complementarios de campo y aerotriangulación, modelo digital del terreno y de superficie
- Generación de ortofotografía

Para la ejecución de los trabajos se dividió el territorio ecuatoriano en tres zonas: norte, centro y sur. En la zona sur se encuentra la provincia del Azuay.

### **Foto aérea**

La foto aérea fue registrada con una escala de vuelo: 1:20.000 con resolución espacial de 30 cm, empleando

una cámara digital DMC Z/I Intergraph, con resolución radiométrica 12-bit por canal. Cada foto aérea se registra en una imagen de 13824x7680 píxeles.

La cámara digital registra cada imagen en 5 canales espectrales capturados simultáneamente: Pancromático, Rojo, Azul, Verde, IR Cercano. En la Tabla No.3 se indican las bandas registradas con la respectiva longitud de onda.

Tabla No. 3. Resolución espectral de 5 canales registrados en fotografía aérea

Banda	Pancromático	Azul	Verde azul	Rojo	Infrarrojo cercano
Longitud de onda [ $\lambda$ (nm)]	400 – 800*	400 – 580	500 – 650	590 – 675	675 – 850

\* Valores estimados

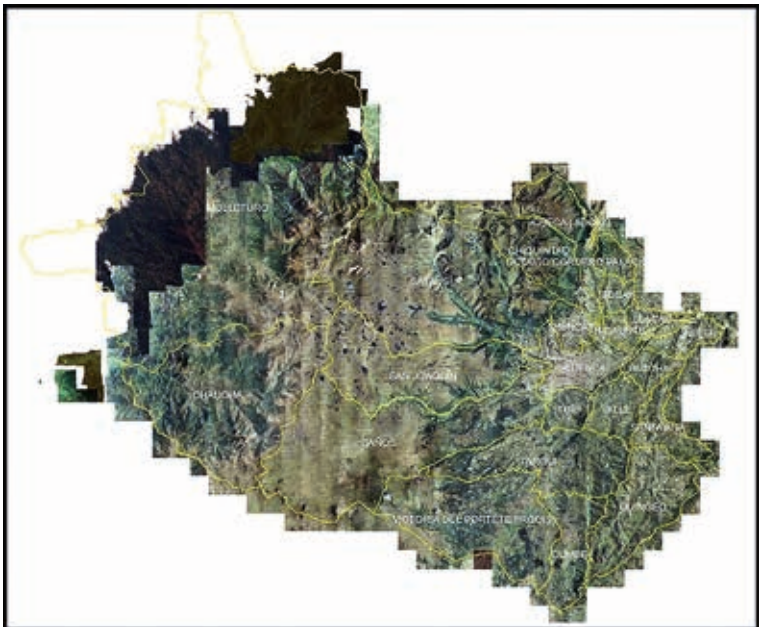
## Ortofotografía a escala 1:5.000

A partir de la toma de la fotografía aérea a escala 1:20.000 con una GSD (Ground Sample Distance) de 30 cm para la sierra, 40 cm para la costa y 50 cm para el oriente se generó la ortofotografía a escala 1:5.000.

Las ortofotos que se entregan por parte de SENPLADES a los diferentes niveles de GAD para la actualización de los PD y OT contienen cuatro canales o bandas: B1 (rojo), B2 (verde), B3 (azul), B4 (infrarrojo cercano). Las ortofotos se encuentran en el sistema de referencia SIRGAS 2000, coordenadas UTM ZONA 17 sur.

Cada ortofoto la conforman 7745 columnas y 7702 filas (2323,5 m x 2310,6 m); ocupan 227,55 MB; tienen un perímetro de 9.268,2 m y una superficie de 536,86 ha.

Para la provincia del Azuay, y de manera específica para el cantón Cuenca, se dispone de ortofotografía del 80% del cantón. La zona baja de la costa de la provincia y cantón no ha sido registrada, en la zona que corresponde a ceja de montaña, es decir en la transición de altura desde los 50m hasta los 800m.

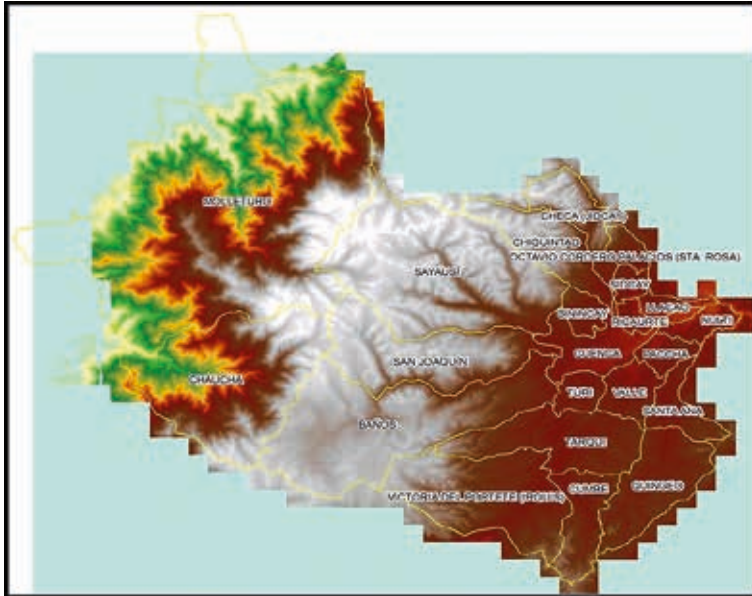


Mapa No. 1. Ortofotografía del cantón Cuenca, provincia del Azuay

## **Modelo Digital de Terreno**

En correspondencia con cada ortofoto existe el modelo digital de terreno con resolución espacial de 3m. Cada archivo está conformado por 775 columnas y 771 filas (2325m x 2313m) que generan una superficie de 537,77

ha. y ocupan un tamaño de 2,28 MB. Al igual que las ortofotos, se encuentran en el sistema de referencia SIRGAS 2000, coordenadas UTM ZONA 17 sur.



Mapa No. 2. Modelo Digital del Terreno (MDT) del cantón Cuenca, provincia del Azuay

#### 4. ¿Qué información se puede obtener de la ortofotografía?

A partir de cada ortofototo se puede generar un mosaico con las ortofotos que conforman un cantón o una parroquia. Igual procedimiento se puede aplicar con los archivos individuales de los modelos digitales de terreno y obtener el MDT del cantón o parroquia.

Como ejemplo de caso se trabajará sobre la parroquia rural de Ricaurte del cantón Cuenca. La parroquia Ricaurte tiene una superficie de 1380,34 ha y se encuentra contenida en 8 ortofotos a escala 1:5.000; y en igual número de archivos de modelos digitales de terreno.



Mapa No. 3. Ortofotografía de la parroquia Ricaurte, cantón Cuenca, provincia del Azuay

De la ortofoto se pueden obtener los siguientes productos:

1. Digitalización de elementos geográficos: cuerpos de agua, cursos de agua, construcciones, vías, suelo



arado, zonas de cultivos, zona de bosque, suelo descubierto, entre otros.

2. **Índices de vegetación:** de manera específica se puede obtener el índice de vegetación normalizado NDVI aprovechando que las ortofotos tienen la información en la banda roja e infrarroja.
3. Mapas de cobertura vegetal a partir de clasificación digital.
1. **Obtención de elementos geográficos por medio de digitalización**

Se puede obtener información de elementos geográficos naturales y antrópicos como: cuerpos de agua, cursos de agua, construcciones, vías, suelo arado, zonas de cultivos, zona de bosque, suelo descubierto, entre otros.



Mapa No. 4. Digitalización de elementos geográficos: construcciones, vías y cursos de agua de la parroquia Ricaurte.

## 2. Índices de vegetación

La información que contiene cada ortofoto dispone de datos en la banda del rojo e infrarrojo. En estas bandas se registra el contenido de clorofila y por tanto el vigor de

las plantas por lo que se puede calcular la presencia o ausencia de vegetación a partir del índice de vegetación. El índice de vegetación se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Donde:

*NDVI*: Índice de vegetación de diferencia normalizada

*IRC*: Infrarrojo cercano

*R*: Rojo

Los valores de NDVI oscilan entre -1 y 1, siendo los valores negativos indicadores de ausencia de vegetación, mientras que los positivos señalan presencia de vegetación. En la siguiente figura se indica en verde las zonas con  $NDVI > 0.4$ , donde quedan remarcados los bosques de eucalipto, chaparro y cultivos vigorosos.



Mapa No. 5. **Índice de vegetación normalizado NDVI > 0.4**, parroquia Ricaurte.

### 3. Mapas de cobertura vegetal a partir de clasificación digital

Al disponer de información multispectral a 4 bandas (azul, verde, rojo, e infrarrojo cercano) se pueden aplicar diferentes métodos de clasificación digital para obtener cartografía temática. Entre las técnicas de clasificación digital se encuentran los métodos de clasificación supervisado y no supervisado. El primer método requiere de un conocimiento previo del lugar de trabajo mientras que en el segundo no es necesario.

Para la parroquia de Ricaurte se aplicó el método de clasificación supervisado, partiendo de sitios de muestreo o entrenamiento de las siguientes coberturas: agua, bosque, construcciones, cultivos, pasto, suelo arado, suelo descubierto, vías pavimentadas y sombras.

La calidad de los sitios de entrenamiento son controlados mediante estadísticas como media, desviación estándar y gráficos en las diferentes bandas. Asegurada la calidad de las muestras se procede a la fase de asignación que en este ejemplo se utilizó la clasificación orientada a objetos. Los resultados de la clasificación se indican a continuación:



Mapa No. 6. Cobertura vegetal de la parroquia Ricaurte, cantón

#### 4. **¿Qué información se puede obtener del Modelo Digital del Terreno?**

Al igual que con la ortofoto, se genera un mosaico con los archivos individuales de los modelos digitales de terreno, con lo que se obtiene el MDT del cantón o parroquia.

A partir de un MDT se pueden obtener los siguientes productos derivados:

1. Curvas de nivel
2. Pendientes (en grados o porcentaje)
3. Aspectos
4. Iluminación

#### **Curvas de nivel**

Considerando que el MDT tiene una resolución espacial de 3m y tomando en cuenta la relación 1mm = 3m, se pueden generar curvas de nivel a escala 1:3.000, con intervalos de curva cada 3m.

Otro criterio para obtener el intervalo de las curvas de nivel es que la escala de salida del MDT es 1:5000, por lo tanto el intervalo de curva será cada 5m. De los dos criterios expuestos considero que el más apropiado sería el que sirva para generar curvas de nivel con intervalos cada 5m.



Mapa No. 7. Curvas de nivel cada 5m, parroquia Ricaurte, cantón Cuenca, provincia del Azuay

## Pendientes

El mapa de pendientes se puede expresar en grados y en porcentaje. La equivalencia entre las dos formas de representar la pendiente es: 100% de pendiente equivale a 45 grados. En la Tabla No. 4 se indican los procedimientos de conversión entre grados y porcentaje del valor de la pendiente.

Tabla No. 4. Procedimientos de conversión de valores de pendiente entre grados y porcentaje

Para convertir la pendiente de % a grados	Para convertir la pendiente de grados a %
Se calcula la tangente inversa del valor en %.	Se calcula la tangente del ángulo en grados y el resultado se multiplica por 100.
Ejemplo: 30% de pendiente a cuántos grados corresponde. Procedimiento: $(30/100) * \tan^{-1} = 16.69^\circ$ .	Ejemplo: 50 grados de pendiente calcular en %. Procedimiento: $\tan(50) = 1,191 * 100 = 119,1\%$ .

Diferentes entidades gubernamentales y no gubernamentales emplean la pendiente en porcentaje. El programa Nacional de Regionalización Agraria

(PRONAREG) del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP, clasifica a la pendiente en porcentaje en seis rangos que se indican en la Tabla No.5

Tabla No. 5. Limitaciones de actividades agrícolas por rango de pendiente

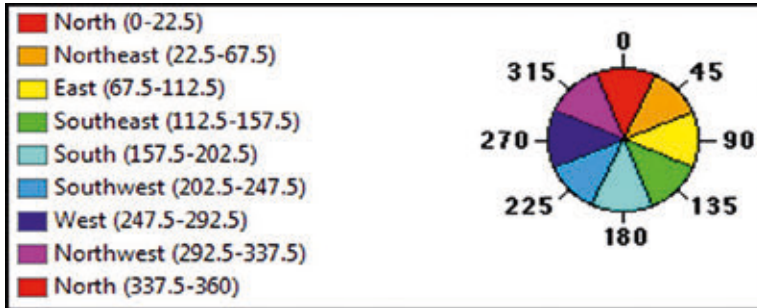
Rango (%)	Descripción
0 – 5	Este rango contempla pendientes denominadas “débiles”, en las cuales se puede realizar todo tipo de mecanización agrícola; generalmente los suelos ubicados sobre estas pendientes no contienen piedras.
5 - 12	Pendientes suaves y regulares; se pueden realizar actividades de mecanización agrícola con ciertas restricciones. No presentan dificultades para el riego.
12 - 25	Pendientes clasificadas de regular a irregular. Las restricciones para la mecanización agrícola son más fuertes y existen dificultades para regar.
25 - 50	Los mayores limitantes que presentan este tipo de pendientes es el hecho de que existen enormes dificultades para el riego; existen peligros de erosión hídrica y eólica, pero también se presentan movimientos de masas (derrumbes).
50 – 70	La mecanización agrícola es imposible, los problemas de erosión y deslizamientos se vuelven más frecuentes. Siempre para este rango de pendientes se recomienda la repoblación forestal.
> 70	Pendientes abruptas en las cuales no es posible desarrollar actividades agropecuarias. Los peligros de erosión y deslizamientos son mucho más latentes que en los casos anteriores. Se aconseja para estos casos el establecimiento de áreas destinadas a la conservación del patrimonio natural.

Fuente: PRONAREG – ORSTOM, MAGAP, 1984.

## Aspectos

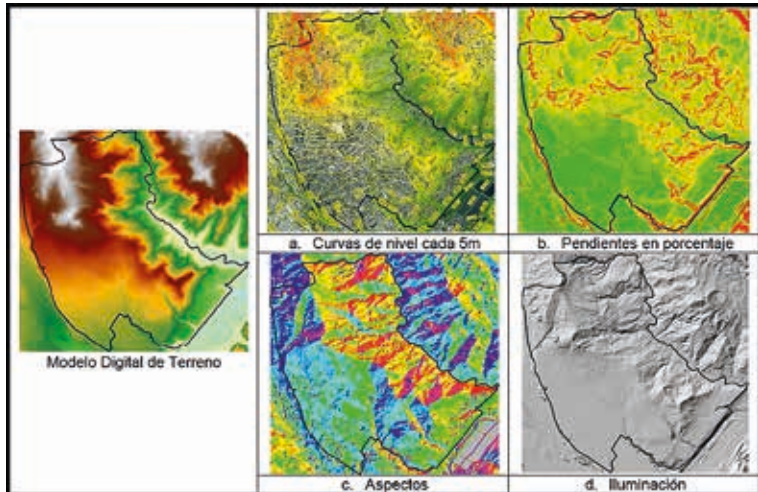
El mapa de aspectos proporciona información sobre la dirección de exposición de la pendiente. En otras palabras, una pendiente cualquiera puede estar expuesta hacia el norte (0°), o expuesta al este (90°), al sur (180°), al oeste (270°).

La dirección de exposición se agrupa en 8 clases, cada clase tiene un rango de 45°. Los 8 rangos en los que se clasifica la dirección de exposición son:



## Iluminación

El mapa de iluminación se calcula a partir de la posición del sol (dirección solar y altitud solar), dando como resultado qué porción del territorio se encuentra iluminada (recepción de rayos solares) o que parte del terreno se encuentra en sombra a una determinada hora del día.



Mapa No. 8. Productos derivados de Modelo Digital del Terreno

## 5. ¿Cómo emplear los productos obtenidos en ortofotos y MDT en la actualización de los PD y OT?

En ordenamiento territorial, para entender y comprender el funcionamiento del territorio, es necesario definir las unidades territoriales de integración.

Gómez Orea identifica cuatro tipos de unidades territoriales:

- Cuadrícula
- Unidades homogéneas o unidades ambientales
- Unidades no homogéneas, estratégicas o de síntesis
- Unidades funcionales, definidas por una elevada intensidad de interacción de varias unidades

Las unidades homogéneas o ambientales, son las más útiles y más empleadas; presentan un alto grado



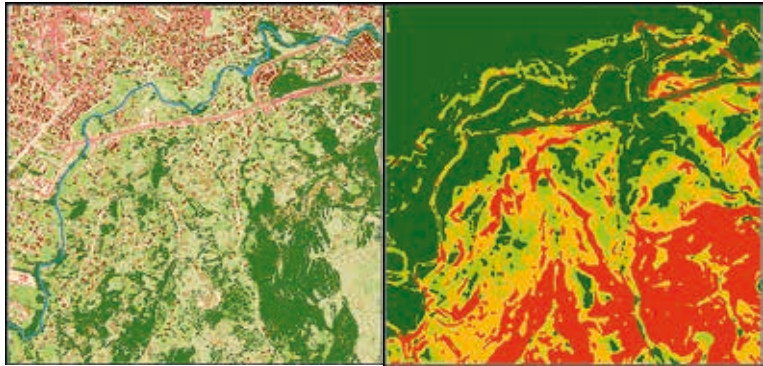
de homogeneidad. Estas se pueden identificar de varias formas:

- Empírica, definidas por el equipo consultor en base a la experiencia y conocimiento del territorio.
- Por superposición cartográfica de factores recopilados en el inventario de información. El inconveniente de este método es sobreponer muchas capas de información que generarían un excesivo número de unidades. Por lo que se deberá emplear información relevante.
- Superposición de factores con mayor carga explicativa: geomorfología, vegetación natural, cultivos y usos del suelo. Esta información recoge en gran medida la situación actual e informa de las tendencias a futuro.
- Divisiones sucesivas del territorio por factores climáticos, geología, cobertura vegetal, suelo y uso del suelo.

Considerando que a partir de las ortofotos y del modelo digital del terreno se han obtenido el mapa de cobertura vegetal y el mapa de pendientes respectivamente, se pueden generar unidades territoriales ambientales para caracterizar y planificar un espacio geográfico.

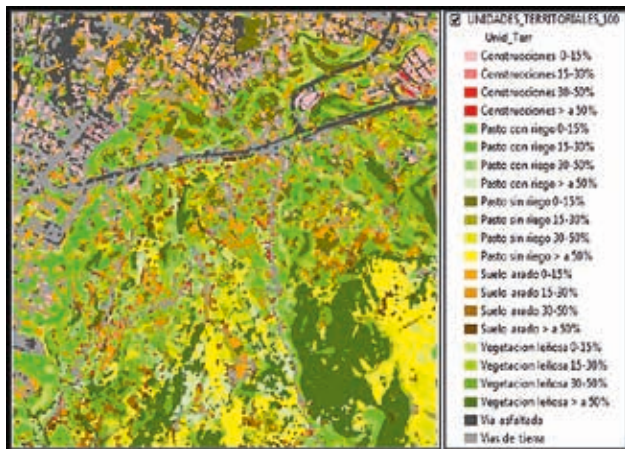
Para la generación de la unidades homogéneas se propone reclasificar el tema de las pendientes en cuatro rangos: 0-15, 15- 30, 30 – 50, > 50.

En las siguientes figuras se indican la generación de unidades ambientales a partir de la sobreposición de capas de información de cobertura vegetal y pendientes en porcentaje.



Mapa No. 9. Cobertura vegetal

Mapa No. 10. Pendientes en porcentaje



Mapa No. 11. Unidades territoriales de integración: unidades ambientales

## 6. Conclusiones

Los productos cartográficos a obtener a través de la ortofotografía y modelo digital de terreno son a escala 1:5.000.

A partir de las ortofotos se puede obtener información de elementos geográficos naturales y antrópicos mediante digitalización.

Con la información multiespectral que se dispone se puede construir el índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI, así como generar mapas de cobertura vegetal.

Los productos derivados del MDT son: curvas de nivel, pendientes, aspectos e iluminación.

En base a la cartografía temática de cobertura vegetal y pendientes se puede caracterizar el territorio por medio de unidades de integración territorial de unidades ambientales.

Los productos generados de ortofotos y MDT son elementos base para actualizar los PD y OT, así como para determinar y construir mapas de aptitud de uso agrícola, de uso para conservación y de uso urbano.

## 7. Bibliografía

- Asamblea Nacional, 2008. Constitución del Ecuador
- Chuvieco E., 2013. Teledetección Ambiental.
- Delgado O., 2014. Manual de Prácticas ENVI 5.1.
- Delgado O., 2014. Tutorial de prácticas con ArcGIS 10.2.
- Gómez O. D., Gómez V. A., 2013. Ordenación Territorial 3ra. Edición.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censo INEC, 2012. Cartografía digital de división política administrativa a nivel cantonal y parroquial.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería MAGAP, 2015. Proyecto SIG Tierras.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013. Plan Nacional de Desarrollo 2013-2017.





<http://especiales.elcomercio.com/2013/07/EcuadorTuEcuador/Ecuador/iframe.php?id=1179>

# **EL MÉTODO KRIGING APLICADO A LA ESTIMACIÓN DE LA PRECIPITACIÓN EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE**

**Pacheco Niveló, Jheimy**

Correspondencia: [jlopacheco@uazuay.edu.ec](mailto:jlopacheco@uazuay.edu.ec)

## RESUMEN

La precipitación y su variabilidad espacial y temporal constituyen un importante insumo para el estudio de las ciencias del ambiente como la hidrología, biología, agronomía, entre otras. El contar con datos continuos en toda una superficie de estudio resulta bastante costoso en especial en zonas de montaña. Esta investigación empleó el método de interpolación geoestadístico Kriging sobre datos históricos de 30 años de 19 estaciones meteorológicas de la cuenca del Paute para estimar la precipitación promedio en zonas desprovistas de información. Ajustando el semivariograma se determinaron los parámetros de interpolación que produjeron mapas de predicción y medidas de error aceptables aunque éstas últimas indiquen que se ha subestimado la variabilidad de la precipitación. Este criterio se debe a que en las interpolaciones si bien fue posible obtener errores mínimos, los mapas resultantes mostraron superficies poco suavizadas y con saltos inexplicables en algunas zonas.

**Palabras clave:** Cuenca del Paute, precipitación, Kriging, semivariograma, error.

## THE KRIGING METHOD APPLIED TO ESTIMATE THE PRECIPITATION OVER THE *PAUTE* RIVER BASIN

### ABSTRACT

Rainfall and its spatial and temporal variability is an important input for the study of environmental sciences such as hydrology, biology, agronomy and other related sciences. However, collecting continuous data across a study area is quite expensive, especially in mountain areas. The research reported here utilized the Kriging geostatistical interpolation method which was applied to 30 years of historical data from 19 meteorological stations in the *Paute* River Basin to estimate the average rainfall in areas where there was no information. By adjusting the Semi-Variogram, we were able to determine the interpolation parameters which produced forecasting maps with acceptable error measures, even in cases where the maps indicated that rainfall variability had been underestimated. This approach is possible since the forecast maps showed surfaces that are uneven with unexplained falls in some interpolated areas, even though it is possible that some minimal errors may exist.

**Keywords:** *Paute* River Basin, Rainfall, Kriging Interpolation Method, Semi-Variogram, Error.



## 1 Introducción

Varios de los procesos abióticos y bióticos se determinan por las características climáticas del ambiente. Disciplinas científicas como la agronomía, hidrología, biología, ecología, entre otras, utilizan los datos climáticos, en particular de precipitación, con fines técnicos y científicos, de ahí la importancia de la disponibilidad espacial de la información (Vicente-Serrano et al., 2003).

La precipitación y su variabilidad es en muchos casos el factor de entrada más importante en la modelación hidrológica (Zhang & Srinivasan, 2009). La cuantificación de los patrones espaciales y temporales constituye un paso importante en el desarrollo de modelos regionales a pequeña escala (Buytaert et al., 2006).

Actualmente los datos y mapas de estimación de precipitación de los que se dispone corresponden a información que ha sido producida con déficit en la calidad de los datos pluviográficos, esto debido a que la estimación exacta de la distribución espacial de la precipitación requiere de una red muy densa de instrumentos y medidas, lo que implica altos costos operativos y muchas veces es necesario estimar las precipitaciones en un punto donde no se registran estaciones (Goovaerts, 2000). Esta situación ocurre frecuentemente en terreno montañoso donde se disponen de pocas estaciones y donde los efectos de la orografía pueden ser altamente influyentes (Hevesi, et al., 1992).

Debido a la necesidad de contar con datos de precipitación confiables en zonas desprovistas de información, se plantea el presente estudio donde se aplicará dos métodos geoestadísticos de interpolación y se determinará qué método se ajusta mejor a las características de la cuenca del río Paute. Además se contribuirá a lograr un entendimiento más claro de la variabilidad espacio – temporal de la precipitación en cuencas alto andinas, así como se obtendrán mapas de precipitación que se espera respondan a la realidad de la zona de estudio, considerando el aspecto de la elevación. (Celleri et al., 2007).

Ante el problema de falta de estaciones se han propuesto varios métodos estadísticos para interpolar datos de precipitación. El método más sencillo consiste en asignar a cada ubicación sin muestrear el registro de la estación de medida más cercana (Thiessen, 1911), aunque el método del polígono de Thiessen es esencialmente utilizado para la estimación de precipitaciones por área, también se ha aplicado la interpolación por puntos de medida (Goovaerts, 2000). En 1972, el Servicio Nacional de Meteorología de los EEUU desarrolló otro método por el cual se calcula la profundidad de la precipitación desconocida como un promedio ponderado de los valores que rodean el punto, los pesos son recíprocos a los cuadrados de las distancias del lugar sin muestrear; este método es conocido como el cuadrado inverso de la distancia o IDW por sus siglas en inglés. Debido a que los dos métodos anteriores no consideran factores decisores como la topografía, surgió el método de isoyetas en el que se utiliza la ubicación y captura para cada estación de datos, así como el conocimiento de los factores que afectan a estas capturas

para trazar las isoyetas. La cantidad de lluvia en el lugar no muestreado se calcula por interpolación dentro de las isoyetas. Una limitación de esta técnica es que se necesita una densa red de monitoreo para establecer con precisión las isoyetas (Goovaerts, 2000).

Al referirse a los métodos geoestadísticos se ha demostrado que la técnica de interpolación Kriging provee estimaciones más reales para el comportamiento espacial de la precipitación y otras variables climatológicas, comparado con métodos convencionales, debido a que considera la autocorrelación (relación entre los puntos de medida) (Tao, 2009).

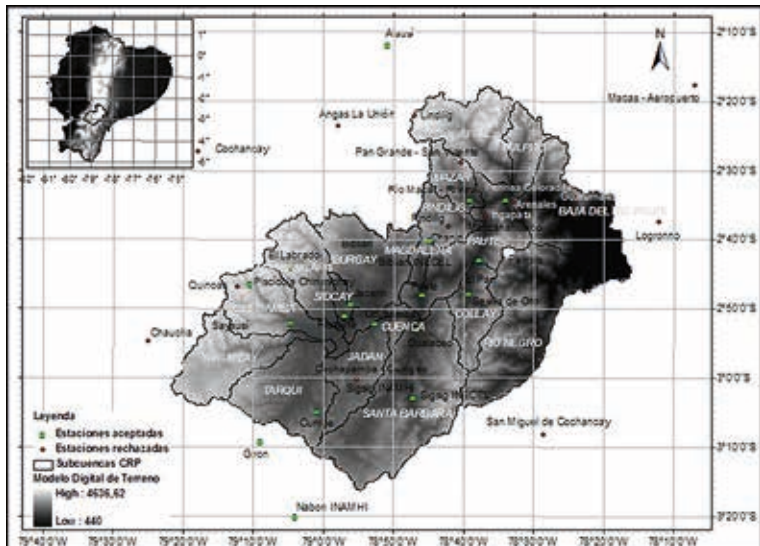
## **2 Materiales y métodos**

### **2.1 Área de estudio**

La investigación se centra en la cuenca del río Paute (CRP), una zona localizada al sur de los Andes ecuatorianos, en una región de depresión interandina, entre los 2° 15' y 3° 15' latitud sur; y, los 78° 30' y 79° 20' longitud oeste. Esta cuenca está delimitada hacia el norte por el nudo de Curiquingue que divide la hoya del Cañar con la hoya del Paute; hacia el sur por el nudo del Portete, que divide la hoya del Jubones con la del Paute; hacia el este por la cordillera oriental de los Andes que divide la región del oriente con la sierra; y hacia el oeste por la cordillera occidental de los Andes, que divide la región de la sierra con la costa (UMACPA, 1996).

El área de la cuenca tiene una extensión de aproximadamente 6.442 km<sup>2</sup> su altitud varía desde 440

m.s.n.m. hasta 4680 m.s.n.m. Debido a su proximidad al eje ecuatorial presenta dos estaciones: La seca y la húmeda (Celleri et al., 2007). Para analizar la variabilidad espacio-temporal de la precipitación en la cuenca, se consideraron las precipitaciones mensuales de las series históricas del período 1980 – 2010.



**Figura 1:** Ubicación de estaciones meteorológicas del INAMHI en la CRP

## 2.2 Metodología

La geoestadística es la rama de la estadística aplicada que se especializa en el análisis y la modelación de la variabilidad espacial en ciencias de la Tierra. Su objeto de estudio es el análisis y la predicción de fenómenos en espacio y/o tiempo tomando en cuenta la autocorrelación espacial y direccional de los datos (Webster & Oliver, 2007). Dentro de los métodos geoestadísticos está el

método Kriging que proporciona una solución para estimar datos basándose en un modelo continuo de variación espacial estocástica, tomando en cuenta la forma en que una propiedad varía en el espacio mediante el modelo de variograma (Webster & Oliver, 2007), el método abarca una serie de técnicas que se basan en mínimos cuadrados, estos son: Kriging ordinario, universal, simple, indicador y disyuntivo. A diferencia de otros estimadores lineales ponderados Kriging incorpora los criterios de continuidad espacial, redundancia de datos y anisotropía mediante el uso de variogramas. El nombre Kriging se debe a Daniel Krige un ingeniero en minas de Sudáfrica, quien desarrolló la técnica en un intento de predecir con mayor precisión un mineral de reserva (Díaz Viera, 2002).

El Kriging ordinario o puntual asume que la variable es estacionaria y que no tiene tendencia, está definido por la ecuación:

$$Z(s) = \mu(s) + \varepsilon(s),$$

Donde:

$Z(s)$  es la variable de interés;

$\mu(s)$  es una constante desconocida y

$\varepsilon(s)$  son los errores aleatorios,

$(s)$  indica las coordenadas  $x$  e  $y$ .

El Kriging universal tiene la misma ecuación que la anteriormente descrita pero en este caso  $\mu(s)$  se le atribuye a la tendencia de los datos (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006).

Kriging simple es semejante al de tipo ordinario excepto en que considera la media de los datos una constante conocida y que la suma de los pesos no es igual a 1.

Indicador kriging es un método de interpolación no lineal, se lo emplea al transformar los valores de  $Z(s)$ , de continuos a binarios, para predecir la probabilidad que esté por encima de un determinado valor umbral.

A pesar de ser métodos que no requieren que los datos se ajusten a la normalidad, las superficies generadas presentan mejores resultados si los datos son normales (Johnston et al., 2003); además, asumen que los errores aleatorios son estacionarios de segundo orden y que la covarianza entre cualquiera de los errores aleatorios depende de la distancia y de la dirección que los separa mas no de sus lugares exactos (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006).

El análisis geoestadístico que a continuación se describe se refiere a los meses de mayor y menor incidencia de precipitación (abril y agosto respectivamente). La generación de interpolaciones se realizó con la extensión Geostatistical Analyst de ArcGis, mediante tres etapas:

### **2.2.1 Análisis exploratorio de los datos espaciales**

La etapa del análisis exploratorio de datos espaciales consiste en analizar la distribución de los datos, detectar valores extremos, buscar tendencias globales, realizar transformaciones de los datos en caso de requerirse, examinar la autocorrelación espacial, variación direccional de los datos y encontrar el mejor semivariograma (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006).

Se examinó la calidad y cantidad de la información provista por el Instituto Nacional de Meteorología e

Hidrología (INAMHI) referente a la precipitación registrada durante el período 1980 – 2010 por 41 estaciones distribuidas dentro y fuera de la cuenca del Paute. Debido a que no todas las estaciones cumplieron con las características idóneas en sus datos para ser analizados se redujo a 19 el número de estaciones analizadas. Los criterios de selección de estaciones fueron tener un máximo del 35% de vacíos en la información por estación (Bergdahl et al., 2007). El segundo criterio se refirió a la ubicación, no se consideraron aquellas que están fuera del área de estudio, a excepción de Alausí, Nabón Inamhi y Girón que se las incluyó con el fin de tener mayor cobertura en los mapas resultantes, tomando en cuenta que estas tres estaciones se ubican en la región interandina.

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Vacios (%)</b>	<b>Interpolación</b>
M0045	Palmas – Azuay	10,00	sí
M0138	Paute	3,33	sí
M0139	Gualaceo	3,33	sí
M0197	Jacarín (Solano)	20,00	sí
M0050	Arenales – Cola de San Pablo	83,33	no
M0062	Macas – Aeropuerto	93,33	no
M0137	Biblián	2,22	sí
M0140	Ucubamba	31,11	sí
M0141	El Labrado	1,67	sí
M0204	San Miguel de Cochancay	80,00	no
M0206	Guarumales	66,67	no
M0217	Peñas Coloradas	10,00	sí
M0222	Ingapata	76,67	no
M0403	Alausí	6,67	sí
M0410	Río Mazar - Rivera	1,67	sí

M0413	Cochancay	93,33	no
M0414	Chanín	1,67	sí
M0415	Angas La Unión	53,33	no
M0416	El Pan	66,67	no
M0417	Piscícola Chirimichay	1,67	sí
M0420	Nabón INAMHI	3,33	sí
M0424	Sígsig INAMHI	0,83	sí
M0418	Cumbe	0,83	sí
M0419	Girón	1,11	sí
M0426	Ricaurte - Cuenca	1,94	sí
M0427	Sayausí (Matadero DJ)	6,67	sí
M0430	Quínoas	83,33	no
M0431	Sevilla de Oro	6,67	sí
M0432	San Lucas INAMHI	6,67	no
M0497	Logroño	3,33	no
M0503	San Francisco - San Ramón	3,33	no
M0538	Pan Grande - San Vicente	76,67	no
M0539	Buenos Aires - Azuay	6,67	no
M0541	Cochapamba - Quingeo	46,67	no
M0583	Pindilig	70,00	no
M0625	Biblián INECEL	83,33	no
M0664	Sígsig INECEL	80,00	no
M0665	Chaucha	66,67	no
M0672	Manzanahuaico	70,00	no
M0686	Lindilig	76,67	no
M0767	San Lucas Predesur	83,33	no

**Tabla 1:** Estaciones con registro de precipitación proporcionadas por el INAMHI

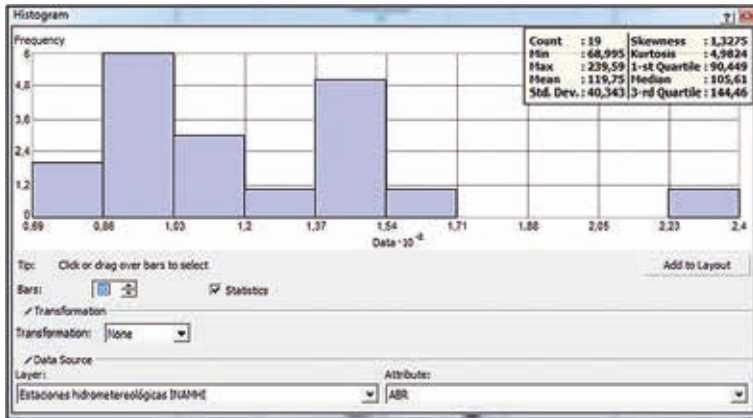


En la columna Interpolación, de la **Tabla 1**, se indican las estaciones que no se consideraron para aplicar el método Kriging. Al analizar los datos de precipitación media mensual para las 19 estaciones seleccionadas, se observó que los valores de media y mediana diferían entre sí, asimismo el coeficiente de asimetría dista de 0. Los valores de la **Tabla 2** muestran la precipitación media mensual del período analizado. Para el caso del mes de abril, el histograma (Figura 2) y el gráfico de probabilidad normal Q-Q (**Figura 3**), muestran valores que no se ajustan a la recta ya que existen puntos distantes a la línea de distribución, lo que pone en evidencia que no se está tratando con una distribución normal; por lo que se transformó los valores medidos a una nueva escala (Webster & Oliver, 2007).

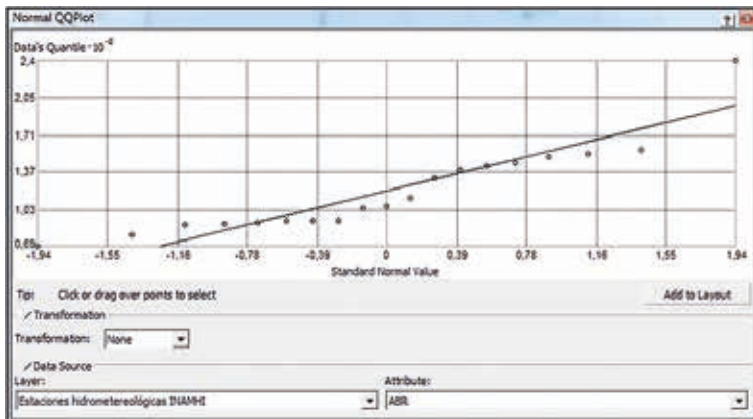
Al aplicar la transformación de tipo box-cox con  $\lambda=0,2$ ; los resultados fueron semejantes a la transformación logarítmica, pero el coeficiente de sesgo fue mayor en una décima, de manera que se escogió la última técnica mencionada.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>Media</b>	69,44	90,94	111,21	119,7	93,40	80,72	72,07	50,59	53,89	81,30	81,37	80,7
<b>Mediana</b>	65,58	81,04	101,44	105,6	67,60	46,13	42,67	29,39	38,02	76,75	83,36	77,0
<b>Desviación estándar</b>	22,41	26,10	26,78	40,34	59,24	94,23	94,06	59,89	47,62	28,69	23,32	20,7
<b>Curtosis</b>	2,68	4,57	1,07	3,02	7,96	9,74	9,49	8,24	9,83	2,04	1,03	1,54
<b>Max</b>	133,98	173,16	173,26	239,5	299,3	420,4	409,3	259,6	225,9	158,5	126,4	132,1
<b>Min</b>	37,94	63,33	73,80	68,99	46,33	12,38	5,80	2,88	8,73	27,26	23,95	38,6
<b>Cuartil 1</b>	55,19	73,79	94,33	91,06	56,72	29,41	20,09	19,60	31,23	67,00	71,13	72,9
<b>Cuartil 3</b>	75,33	102,48	119,53	143,7	115,9	93,89	87,07	64,08	64,91	95,54	97,29	90,4
<b>Coefficiente de sesgo</b>	1,48	1,84	1,13	1,44	2,51	2,91	2,87	2,65	2,84	0,76	-0,57	0,54

**Tabla 2:** Precipitación media mensual para el período 1980 – 2010



**Figura 2:** Histograma de la precipitación media mensual (abril) para el período 1980 – 2010



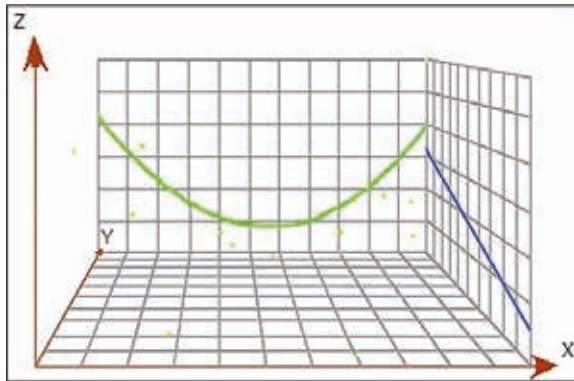
**Figura 3:** Gráfico Q-Q plot de la precipitación media mensual (abril) para el período 1980 – 2010

Los vacíos de información de las estaciones seleccionadas para el estudio se rellenaron utilizando la media mensual por estación para el período 1980 – 2010.

Los valores extremos se eliminaron empleando la ecuación:  
 $Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1) \leq x \leq Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1)$  (Montgomery & Runger, 2011).

## **Análisis de tendencia**

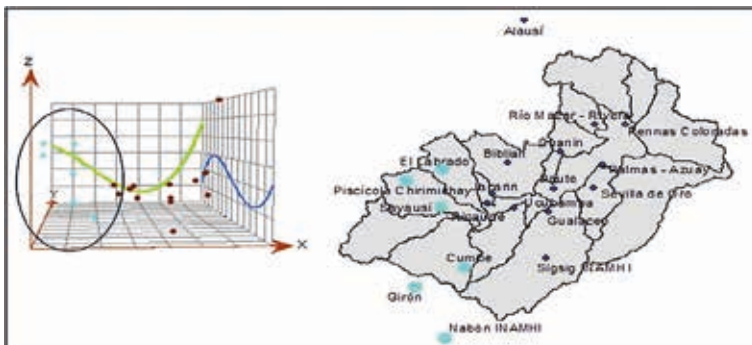
La tendencia en los datos se considera como el componente no aleatorio de una superficie que puede ser representada mediante una función matemática, pero muchas veces la fórmula no describe de manera exacta la superficie en el plano. En este caso es posible eliminar la tendencia y continuar con el modelado de análisis de los residuos, que es lo que queda después de quitar la tendencia (Johnston et al., 2003). En esta etapa, en algunos casos, los variogramas experimentales siguen curvas suaves, que se acercan al origen de gradiente decreciente: las curvas tienen formas cóncavas hacia arriba. Esta forma puede surgir de la presencia de tendencia local, es decir del cambio suave en la variable. En otros casos, las estimaciones experimentales aumentan bruscamente después de haber alcanzado su umbral, lo que es a menudo un signo de la tendencia a largo plazo o global. (Webster & Oliver, 2007).



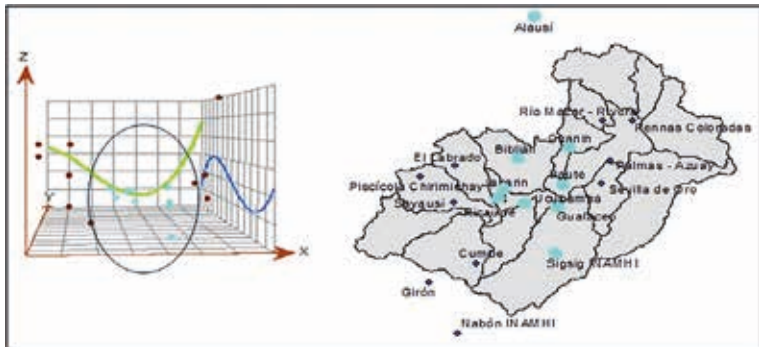
**Figura 4:** Análisis de tendencia en polinomio de segundo grado

En la **Figura 4** se muestra el gráfico de tendencia en el plano y - z tendencia norte – sur y plano x - z tendencia este – oeste. La tendencia de ajuste del polinomio de segundo orden, es el que por defecto asume el software ArcGis. Como se observa en el gráfico, en cada plano se ajustan los polinomios y las curvas. Mediante un ajuste del propio software se puede seleccionar el orden del polinomio que mejor describa el comportamiento de la variable (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006).

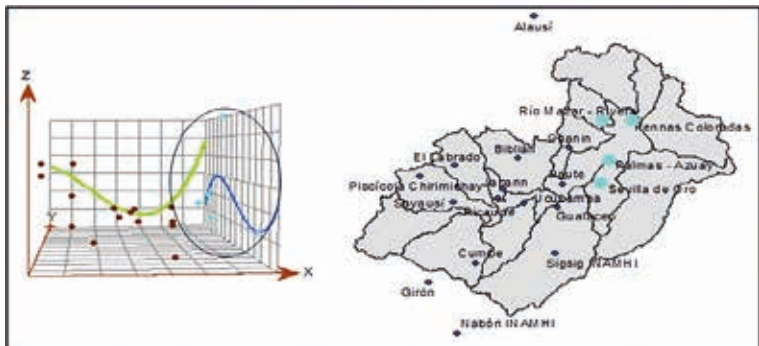
a)



b)



c)



**Figura 5:** Tendencia de la precipitación en la CRP

Como se observa en la **Figura 5**, la línea en color verde grafica la tendencia este – oeste de la precipitación a) elevada en los extremos (subcuencas Machángara y Tomebamba), b) disminuye en la parte central (subcuencas Burgay, Sidcay, Cuenca, Paute) y; c) nuevamente se incrementa hacia el este (subcuencas Mazar, Paute, Collay). En el caso de la tendencia norte – sur, d) la precipitación es mayor hacia el norte disminuyendo paulatinamente mientras se acerca al sur.

## 2.2.2 Análisis estructural

La etapa del análisis estructural consiste en el estudio de la continuidad espacial de la variable mediante el cálculo del semivariograma empírico que explique la variabilidad espacial (Webster & Oliver, 2007). Para medir la autocorrelación espacial es necesario construir el semivariograma empírico, el cual está definido por la ecuación (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006):

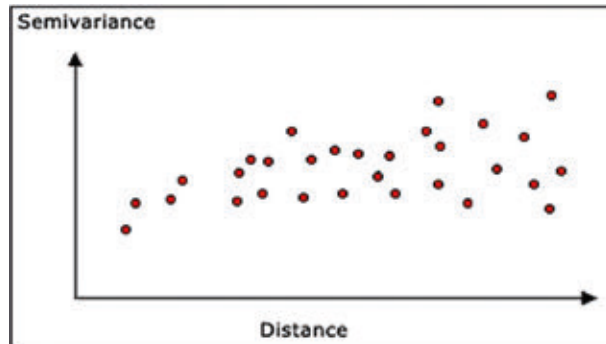
$$\gamma(s_i, s_j) = 0.5 * \text{promedio} (Z(s_i) - Z(s_j))^2$$

Donde:  $s_i$  y  $s_j$  son los valores en el lugar  $i$  y  $j$ , promedio se debe a que se agrupan las distancias en un determinado número de intervalos (lag bins).

El cálculo de las distancias entre dos lugares se lo realiza mediante la ecuación de la distancia euclidiana según sigue (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006):

$$d_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

El cálculo de la distancia se realiza entre pares de mediciones, entre cada punto registrado, los pares de puntos se agrupan en intervalos. El semivariograma empírico es un gráfico de los valores de semivariograma promediados en el eje  $y$ , y la distancia (o intervalo) en el eje  $x$ . (Johnston et al., 2003).



**Figura 6:** Semivariograma empírico  
Fuente: (Johnston et al., 2003)

A partir de la observación del semivariograma (**Figura 8**) es posible detectar la presencia de isotropía que se define como la propiedad de un elemento de estudio cuando la autocorrelación espacial sólo depende de la distancia entre dos lugares; pero si la autocorrelación espacial tiene influencias direccionales se determina la existencia de anisotropía (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006), estas propiedades pueden incluirse al ajustar el modelo (Johnston et al., 2003).

Para describir los modelos de semivariograma se hace referencia a las siguientes características (**Figura 7**):

### **Modelación del semivariograma**

#### **Rango y meseta**

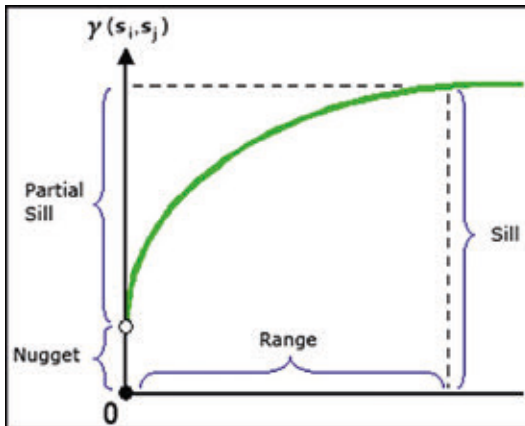
A cierta distancia el modelo de semivariograma se nivela (influencia espacial de la autocorrelación de la variable), esta distancia se denomina rango. El valor en el cual el modelo de semivariograma alcanza el rango se denomina meseta (*sill*). Una meseta parcial (*partial sill*)



es la meseta menos el nugget (pepita). (Johnston et al., 2003).

## Nugget

El efecto nugget (pepita) puede deberse a errores de medición o a fuentes espaciales de variación a distancias que son menores que el intervalo de muestreo (o a ambas razones). Los errores de medición corresponden a los dispositivos utilizados. Los fenómenos naturales pueden variar espacialmente en un rango de escalas. La variación a micro escalas más pequeñas que las distancias de muestreo aparecerán como parte del efecto nugget (Johnston et al., 2003).



**Figura 7:** Componentes del semivariograma  
 Fuente: (Johnston et al., 2003)

Existen algunos modelos de semivariograma diseñados para ajustarse a diferentes tipos de fenómenos de forma más precisa, algunos son:

- Esférico: muestra una disminución progresiva de la autocorrelación espacial (así como un aumento en la semivarianza) hasta cierta distancia, después de la cual la autocorrelación es cero (Johnston et al., 2003). Este modelo es uno de los de uso más frecuente en geoestadística, en una, dos y tres dimensiones. (Webster & Oliver, 2007).

$$\gamma(h) = \begin{cases} c \left\{ \frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left( \frac{h}{a} \right)^3 \right\} & \text{para } h \leq a \\ c & \text{para } h > a \end{cases}$$

Donde:  $\gamma(h)$  es el semivariograma esférico con rango  $a$  y meseta o sill  $c$  para un intervalo de distancia. (Webster & Oliver, 2007).

- Exponencial: se aplica cuando la autocorrelación espacial disminuye exponencialmente cuando aumenta la distancia. En este caso, la autocorrelación desaparece por completo solo a una distancia infinita (Johnston et al., 2003).

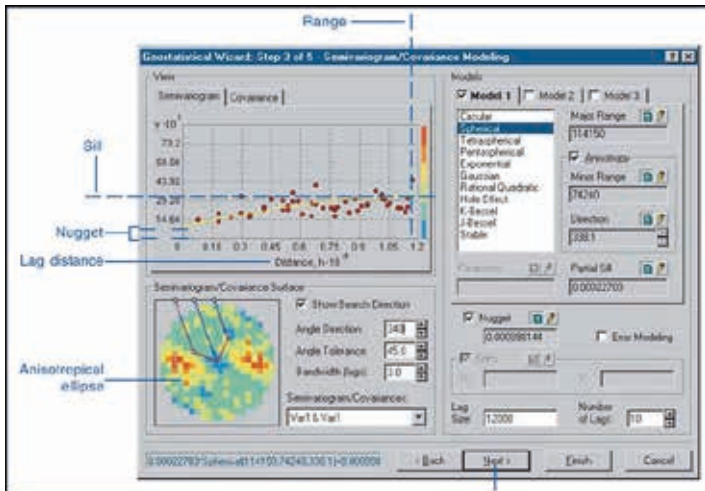
$$\gamma(h) = c \left\{ 1 - \exp \left( -\frac{h}{r} \right) \right\}$$

El parámetro  $r$  define la extensión espacial del modelo.

- Gaussiano: Al igual que en el modelo exponencial, tiende a alcanzar la meseta asintóticamente, y el rango se define como la distancia a la cual el variograma alcanza el 95% de la meseta (Johnston et al., 2003).

$$\gamma(h) = c \left\{ 1 - \exp \left( -\frac{h^2}{r^2} \right) \right\}$$

Al igual que en los modelos anteriores  $c$  es la meseta y  $r$  el parámetro de distancia.



**Figura 8:** Ajuste del semivariograma  
 Fuente: (Johnston et al., 2003)

En la **Figura 8** se muestra la ventana de ajuste del modelo para describir la autocorrelación espacial. En esta investigación se ajustó el modelo esférico, ya que es el más utilizado para modelar procesos de precipitación (Goovaerts, 2000).

Otro aspecto a tomar en cuenta al realizar la interpolación es la búsqueda de vecinos, la misma que emplea criterios de forma de vecindad como elipse o círculo según exista anisotropía o isotropía y establecimiento de restricciones de puntos dentro de la forma en donde se selecciona el número deseado y el mínimo a considerarse dentro de la figura. El número de puntos y sectores debe definirse en base a la localización espacial de la muestra de datos (Johnston et al., 2003).

### 2.2.3 Predicción de superficies y valoración de resultados

Para determinar la aptitud de la interpolación para lugares no muestrales se empleó validación cruzada, la misma que trabaja de la siguiente manera:

1. Se calcula el variograma experimental a partir de todo el conjunto de datos de la muestra y los modelos se ajustan a este.
2. Para cada modelo se estima a partir de los datos y el modelo Kriging en cada punto de muestreo; a su vez, después de excluir el valor muestral en ese punto, se calcula también la varianza del método.
3. Luego del proceso anterior se calculan las medidas estadísticas de diagnóstico a partir de los resultados obtenidos:

Error medio:

$$EM = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}(s_i) - z(s_i))^2}{n}$$

Error medio cuadrático:

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}(s_i) - z(s_i))^2}{n}}$$

Error medio cuadrático estandarizado:

$$EMCS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left[ (\hat{Z}(s_i) - z(s_i)) / \sigma(s_i) \right]^2}{n}}$$

Error medio estandarizado:

$$EMS = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}(s_i) - z(s_i)) / \sigma(s_i)}{n}$$

Error promedio estándar:

$$EPS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \hat{\sigma}^2(s_i)}{n}}$$

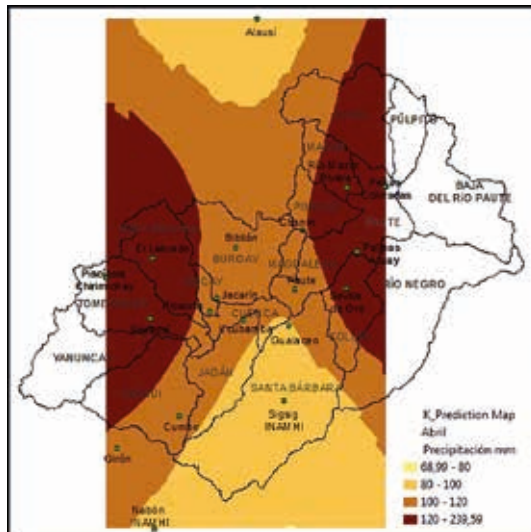
En donde:  $\sigma$  Varianza para el punto de predicción

El error medio estandarizado debe ser cercano a 0, esto debido a que los modelos aplicados son insesgados, sin embargo no es una medida robusta para el diagnóstico porque el método Kriging no es sensible a las inexactitudes del semivariograma, pero se prefiere un EMS lo más pequeño posible. (Webster & Oliver, 2007). El error medio cuadrático estandarizado debe ser cercano a uno, si es mayor que uno, indica que la variabilidad de la predicción ha sido subestimada y si es menor que uno, se ha sobrestimado la variabilidad. (Moreno Jiménez & Cañada Torrecilla, 2006).

### 3 Resultados y discusión

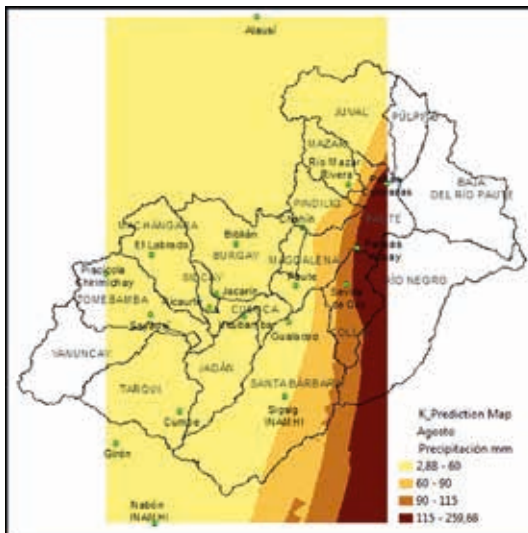
Sobre los datos de precipitación para 30 años, período 1980 – 2010, a partir del análisis exploratorio de datos espaciales, para todos los meses, se obtuvo información normalmente distribuida aplicando transformación logarítmica, se eliminaron los valores extremos, se eliminó el componente de tendencia y se identificó la presencia de anisotropía. Las superficies generadas correspondientes a los mapas de predicción de los meses que registran mayor y menor precipitación media en el período de análisis, siendo para el caso, abril (119,75 mm) y agosto (50,59 mm) mostraron mejores resultados con los valores que se indican en la **Tabla 2**.

El mapa de predicción del mes de abril (**Figura 9**) se generó con precipitaciones medias desde 68,99 mm a 239,59 mm, el modelo esférico con nugget de 0,03 y meseta parcial de 0,001; la anisotropía en el semivariograma se ajustó con un ángulo de dirección de 280,9° con una tolerancia de 45°, el tamaño de ventana de análisis se fijó en 10,5 Km con 10 intervalos. El parámetro de vecindad se fijó en máximo de 5 puntos y mínimo de 2 con una elipse segmentada en 4 transectos. Se observó que el área de mayor precipitación se registra al noroeste de la cuenca del Paute (subcuencas Machángara y Tomebamba) con las estaciones Sayausí, Piscícola Chirimichay, y El Labrado; así como al noreste las subcuencas Paute, Collay y Mazar, fuertemente influenciadas por los registros de las estaciones Peñas Coloradas, Sevilla de Oro, Palmas y Río Mazar – Rivera.



**Figura 9:** Mapa de predicción Kriging para el mes de abril

Para la predicción del mes de agosto (**Figura 10**) el modelo se generó con precipitaciones medias de 2,88 mm a 259,68 mm, con nugget de 0,23 y meseta parcial de 1,09; el semivariograma se ajustó con un ángulo de dirección de  $36,2^\circ$  con una tolerancia de  $45^\circ$ , el tamaño de ventana de análisis se fijó en 18 Km con 9 intervalos. El tamaño de vecindad fue de máximo 5 puntos y un mínimo de 2. En la gráfica siguiente, se observa que el área de mayor precipitación corresponde a los registros de las estaciones Peñas Coloradas, Palmas, Sevilla de Oro y Chanín (subcuencas Mazar, Paute, Collay), que tienen observaciones mayores incluso a las de Piscícola Chirimichay y El Labrado, (subcuencas Machángara y Tomebamba).

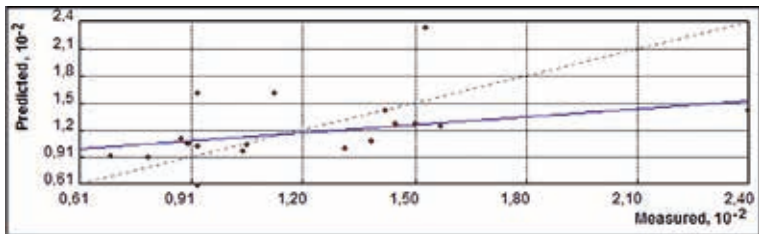


**Figura 10:** Mapa de predicción Kriging para el mes de agosto

## Validación cruzada

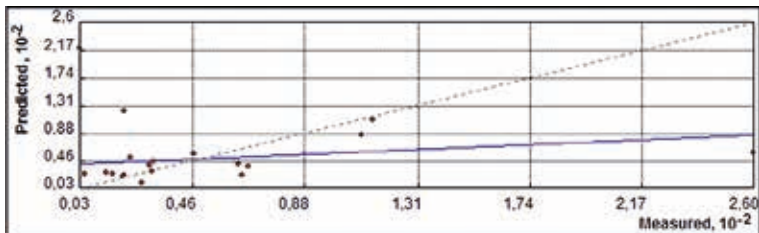
Luego de realizar pruebas donde se variaron los parámetros de ajuste del semivariograma, y habiendo determinado los valores indicados anteriormente como aquellos en los que el modelo produce menores errores de predicción, se obtuvo:

Para el caso del mes de abril se observa la recta de mejor ajuste logrado (línea azul) el error medio estandarizado fue de  $-0,054$ ; y el error medio cuadrático estandarizado de  $1,46$ .



**Figura 11:** Recta de dispersión para los valores predichos y medidos para el mes de abril

En el mes de agosto el método Kriging presenta un error medio estandarizado de  $-0,18$  y el error medio cuadrático estandarizado de  $1,01$ .



**Figura 12:** Recta de dispersión para los valores predichos y medidos para el mes de agosto



Mes	Semivariograma					Validación cruzada				
	Nugget	Meseta	Tamaño de ventana	# Intervalos	Medio	Medio cuadrático	Promedio estándar	Medio estandarizado	Medio cuadrático estandarizado	
Enero	0,0001	0,03	3390	12	-0,34	19,48	13,08	-0,10	1,40	
Febrero	0,02	0,0001	10800	11	2,22	28,91	15,49	-0,03	1,58	
Marzo	0,012	0,0051	9050	9	-0,72	22,92	15,4	-0,08	1,30	
Abril	0,031	0,0001	10500	10	2,36	39,32	24,41	-0,05	1,46	
Mayo	0,08	0,016	10000	10	3,90	61,30	35,16	-0,16	1,66	
Junio	0,23	0,63	10453	13	2,76	103,03	150,1	-0,21	1,01	
Julio	0,31	1,02	12493	10	6,94	112,30	249,4	-0,18	1,01	
Agosto	0,23	1,09	18000	9	7,35	74,10	163,3	-0,18	1,01	
Septiembre	0,14	0,52	15000	12	3,38	57,67	65,88	-0,25	1,50	
Octubre	0,014	0,16	9500	8	5,90	43,05	30,5	-0,06	1,63	
Noviembre	0,001	0,16	10800	8	7,06	38,34	28,06	-0,04	1,54	
Diciembre	0,003	0,09	10700	9	4,61	30,94	20,05	-0,06	1,81	

**Tabla 3:** Medidas de ajuste y de error

En la **Tabla 3** se muestran los parámetros con los que se generaron los mapas para los 12 meses.

En las pruebas realizadas con la variación de parámetros antes indicados se identificó que es posible reducir las medidas de error al ajustar el tamaño de vecindad en los modelos, pero debido a que 16 de las 19 estaciones se encuentran dentro de 6.442 km<sup>2</sup> que comprende la cuenca del Paute y que el método se basa en la distancia euclidiana, las superficies generadas no resultaron óptimas.

#### 4 Conclusiones

- La aplicación métodos geoestadísticos para la estimación de valores en sitios desprovistos de información implica un conocimiento previo de la variable que se va a estimar, esto con el fin de que las etapas de análisis exploratorio de datos espaciales, análisis estructural y predicción de superficies logren reflejar el comportamiento de la variable lo más cerca posible a la realidad.
- Esta investigación empleó los datos de la precipitación mensual promedio del período 1980 – 2010 de 19 estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del Paute cuya extensión es de 6.442 km<sup>2</sup>, con altitudes que van desde 440 m.s.n.m. hasta 4680 m.s.n.m. y con presencia de dos estaciones: invierno y verano.
- Los mapas resultantes del método Kriging para los 12 meses se generaron a partir de datos sin

valores extremos, homogenizados y transformados logarítmicamente. El ajuste de los parámetros del semivariograma empírico con modelo esférico (nugget, meseta, rango, intervalos, tamaño de ventana y vecindad) se realizó procurando obtener la menor medida de error posible y respetando el comportamiento de la variable en el área de estudio. Cabe indicar que para resultados óptimos es imprescindible incluir criterios de hidrología.

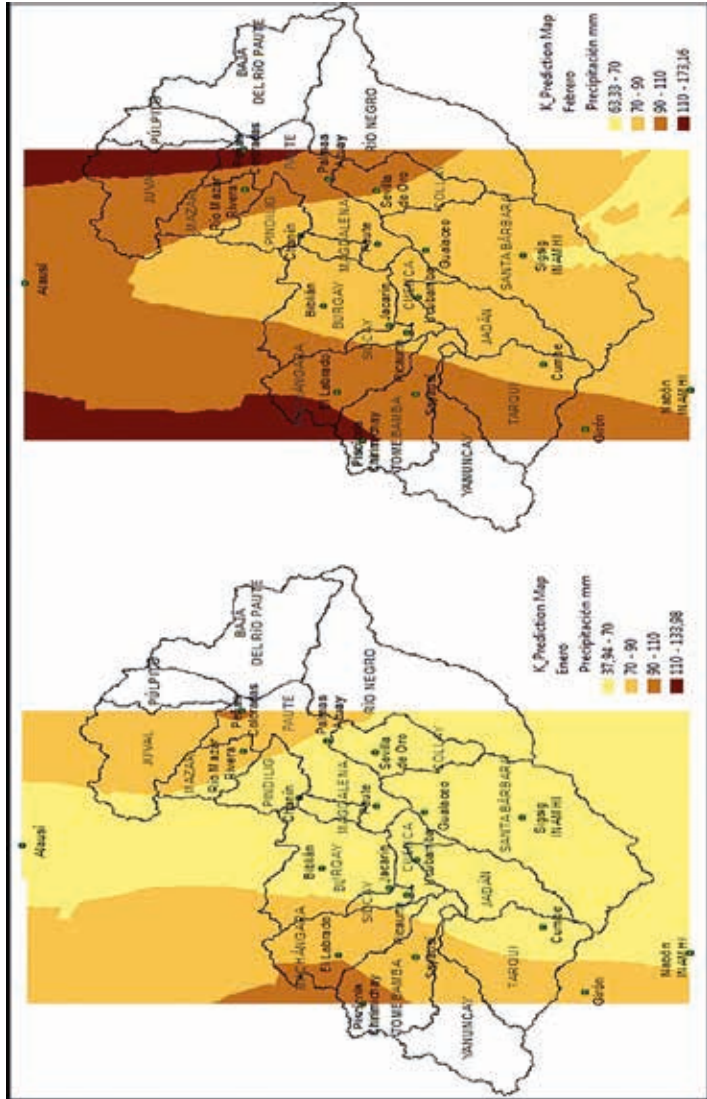
## 5 Bibliografía

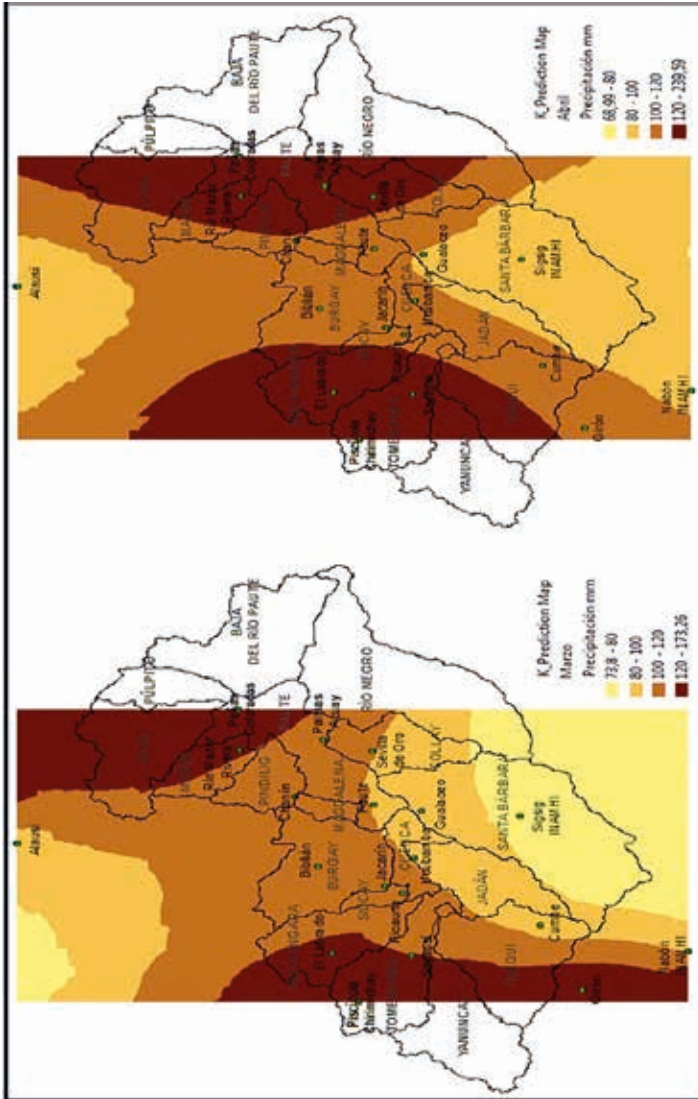
- Bergdahl, M., Ehling, M., Elvers, E., & Földesi, E. (2007). *Handbook on Data Quality Assessment Methods and Tools*.
- Buytaert, W., Celleri, R., Willems, P., Bièvre, B. De, & Wyseure, G. (2006). Spatial and temporal rainfall variability in mountainous areas: A case study from the south Ecuadorian Andes. *Journal of Hydrology*, 329(3-4), 413–421. doi:10.1016/j.jhydrol.2006.02.031
- Celleri, R., Willems, P., Buytaert, W., & Feyen, J. (2007). Space – time rainfall variability in the Paute Basin , Ecuadorian Andes. *Wiley InterScience*, 3327(August), 3316–3327. doi:10.1002/hyp
- Coulibaly, M., & Becker, S. (2009). Spatial Interpolation of Annual Precipitation in South Africa-Comparison and Evaluation of Methods Spatial Interpolation of Annual Precipitation in South Africa - Comparison and Evaluation of Methods. *Water International*, (May 2012), 37–41.

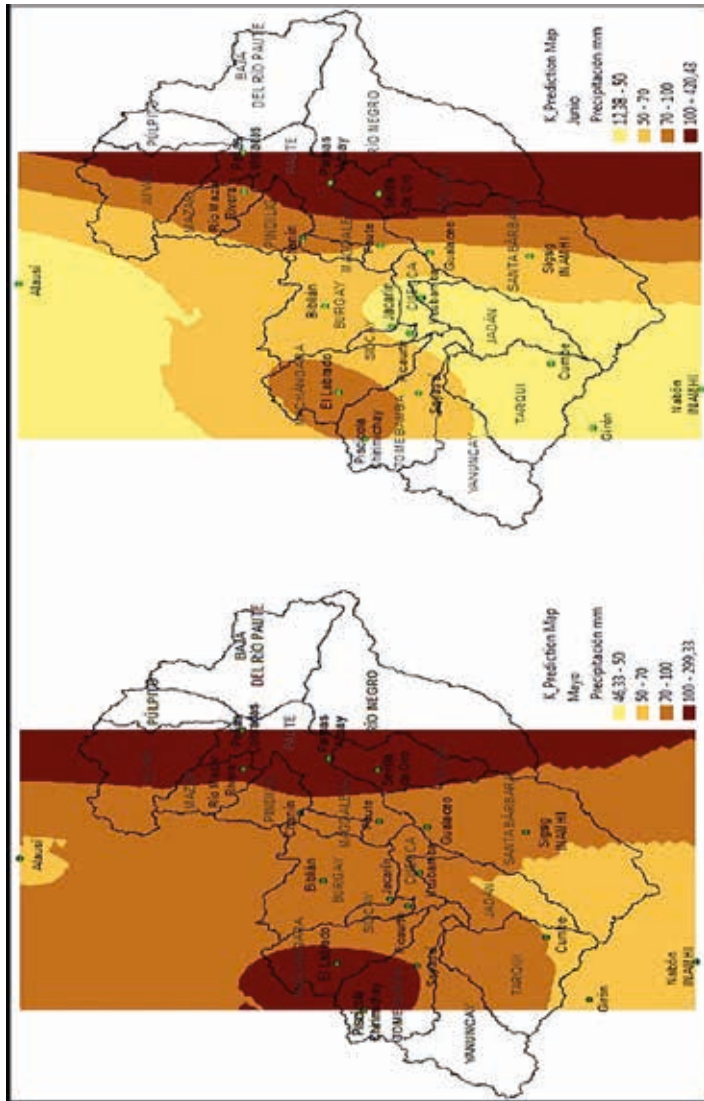
- Díaz Viera, M. A. (2002). *Geoestadística Aplicada*. (U. Instituto de Geofísica, Ed.).
- Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1-2), 113–129. doi:10.1016/S0022-1694(00)00144-X
- Hevesi, J., Istok, J., & Flint, A. (1992). Precipitation Estimation in mountainous Terrain Using Multivariate Geostatistics Part I.pdf.
- Johnston, K., Ver Hoef, J. M. ., Krivoruchko, K., & Lucas, N. E. (2003). Using ArcGIS Geostatistical Analyst.
- Montgomery, D. y Runger, G. (2011). *Applied Statistic and Probabilistic for Engineers*. 5th ed. USA: John Wiley & Sons.
- Moreno Jiménez, A., & Cañada Torrecilla, R. (2006). *Sistemas y Análisis de la Información Geográfica* (pp. 745 – 868).
- Tao, T. (2009). Uncertainty Analysis of Interpolation Methods in Rainfall Spatial Distribution—A Case of Small Catchment in Lyon. *Journal of Water Resource and Protection*, 01(02), 136–144. doi:10.4236/jwarp.2009.12018
- Thiessen, A. H. (1911). Precipitation averages for large areas, (7), 1082–1084.
- Univesidad del Azuay, U., & Consejo de Gestión de aguas de la cuenca del Paute, C. (2008). *Proyecto : Caracterización territorial de la cuenca hidrográfica del río Paute, Fase I y II*.
- UMACPA, 1996, Plan de manejo del sistema de áreas de bosque y vegetación protectora de la cuenca del río Paute - Plan estratégico. 1996. Cuenca-Ecuador. 100p

- Vicente-Serrano, S., Saz-Sánchez, M., & Cuadrat, J. (2003). Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley ( Spain ): application to annual precipitation and temperature. *Climate Research*, 24, 161–180.
- Wang, X. L., Chen, H., Wu, Y., & Feng, Y. (2010). New Techniques for the Detection and Adjustment of Shifts in Daily Precipitation Data Series. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 2416–2436. doi:10.1175/2010JAMC2376.1
- Wang, X. L. & Feng, Y. (2010). RHtestV3 Users Manual. Climate Research Division Atmospheric Science and Technology Directorate Science and Technology Branch, Environment Canada Toronto, Ontario, Canada. Published online at <http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.shtml>
- Webster, R., & Oliver, M. (2007). *Geostatistics for Environmental Scientists* (Second Edi., p. 333). John Wiley & Sons, Ltd.
- Zhang, X., & Srinivasan, R. (2009). GIS-Based Spatial Precipitation Estimation: A comparison of Geostatistical approaches, 45(4), 894–906.

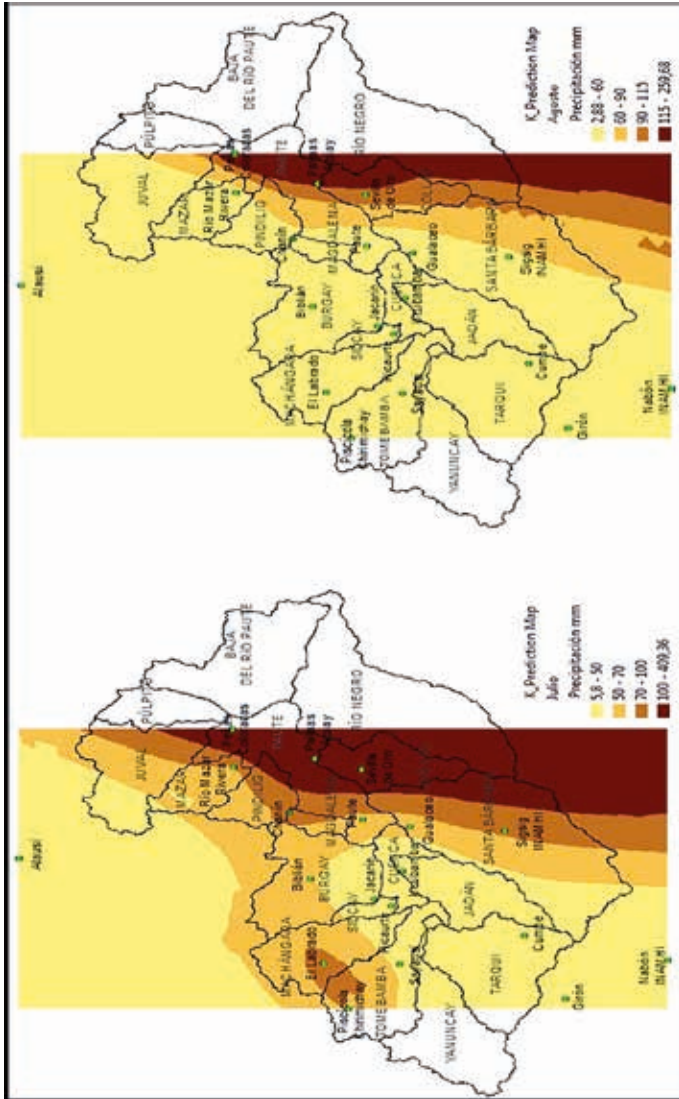
Mapas de interpolación Kriging de precipitación media por mes

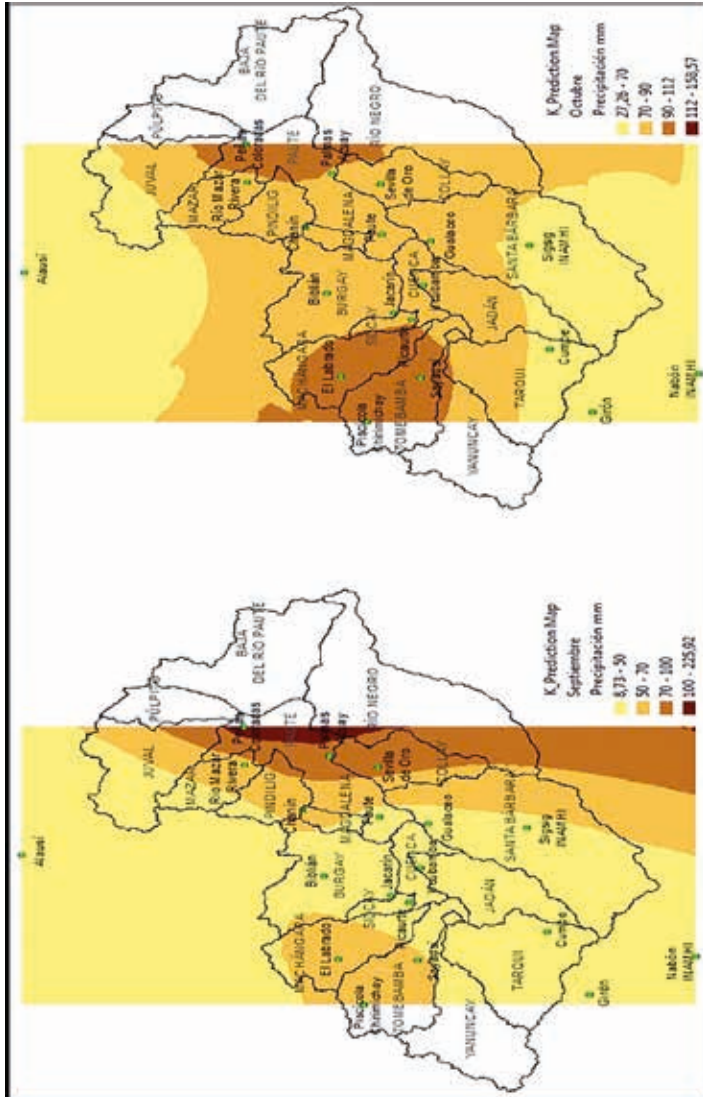


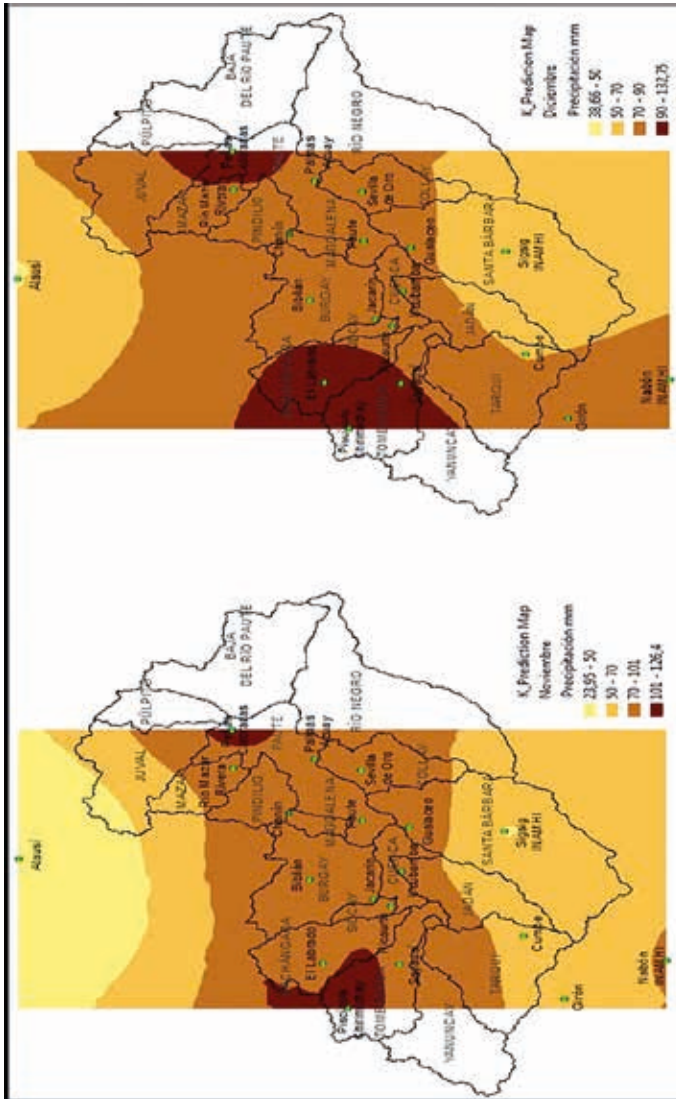


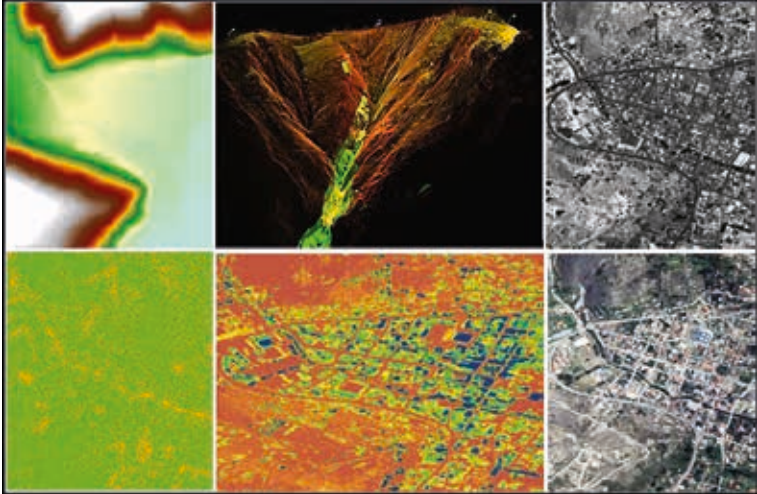












# MORFOLOGÍA INTERPRETATIVA DE ALTA RESOLUCIÓN CON DATOS LIDAR EN LA CUENCA DEL RÍO PAUTE - ECUADOR

*Sellers, Chester; Corbelle, Eduardo; Buján, Sandra;  
Miranda, David*

Correspondencia: [csellers@uazuay.edu.ec](mailto:csellers@uazuay.edu.ec)

## Resumen

En este estudio se aborda el análisis morfológico de la cuenca del río Cutilcay (provincia del Azuay, Ecuador), a partir de los datos LiDAR y su integración en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la cuantificación de sus variables morfológicas. El análisis de los datos LiDAR, el estudio y la definición de los parámetros morfológicos útiles han permitido generar índices y parámetros que permiten caracterizar la cuenca. El estudio demuestra que los datos LiDAR permiten alcanzar resultados con una gran precisión, asociada también a la obtención de modelos de terreno más precisos y visualmente más estilizados que los disponibles hasta el momento. Así, también se muestra la importancia de integrar esta tecnología para la generación de información que permita comprender la dinámica territorial de las cuencas hidrográficas en el Ecuador.

**Palabras clave:** LiDAR, morfometría de cuencas, régimen hídrico, Modelo digital del terreno, modelo digital de superficie, modelo digital de elevaciones.

## HIGH RESOLUTION INTERPRETIVE MORPHOLOGY USING LIDAR DATA APPLIED TO THE RIO PAUTE BASIN IN ECUADOR

### Abstract

In this study we addressed the morphological analysis of the Cutilcay river basin (province of Azuay, Ecuador) using LiDAR data and its integration into a Geographic Information System (GIS) for quantification of morphological variables. Analysis of LiDAR data, the study and definition of useful morphological parameters have generated indexes and parameters that can characterize this basin. The study shows that the LiDAR data allows achieving results with great accuracy, this also associated with obtaining more accurate and visually more stylized terrain models than those available at the moment. Thus, it is also shown the importance of integrating this technology for the generation of information, to understand the regional dynamics of watersheds in Ecuador.

**Key words:** LiDAR, basin morphometry, hydrological regime, Digital terrain model, digital surface model, Digital Elevation Model.

## 1. Introducción

En los últimos años en el Ecuador, la mayoría de instituciones, organizaciones sociales y productivas, así como la sociedad civil en general, han empezado a ver con mucha preocupación cómo avanza sin control la degradación de las cuencas hidrográficas en los diferentes contextos, sean estos locales, regionales, nacionales e internacionales, cuyos efectos inmediatos se visibilizan en la erosión acelerada de los suelos, la disminución de la producción y la vulnerabilidad hídrica.

De ahí que es fundamental realizar estudios de régimen hídrico, morfología general e inventario hídrico, entendidos como las herramientas para determinar las características de las fuentes, su extensión y calidad del agua para su utilización y control; pero a su vez, la disponibilidad en cantidad y calidad en determinado lugar y en un período de tiempo para satisfacer las demandas identificables (consumo multifinilar, humano, agrícola, energético, etc.). Por lo tanto, un inventario debe ir más allá de la sola dimensión técnica, es decir, debe considerarse como el inicio de un proceso que impulsa la gestión integrada del agua. Por ello no se debe perder de vista, las estrategias de concertación y decisión política que deben llevarse a cabo por todos los actores de un espacio socio territorial.

Los mapas morfológicos difieren de los topográficos en que contienen un elemento de interpretación genética (Jones et al., 2007). Por ejemplo, a diferencia de lo que ocurre en los mapas topográficos, una rotura en pendiente no se muestra por un conjunto de contornos muy próximos entre sí, sino por una línea codificada que indica un cambio en el gradiente, en particular, en la forma de relieve.

Tradicionalmente la obtención de cartografía geomorfológica implicaba salidas a campo buscando características de interés con el soporte de mapas a gran escala o fotografías aéreas (Jones et al., 2007; Metternicht et al., 2005) Además, la morfología de cuencas siempre ha contado con cartografía de baja resolución espacial, por ejemplo mapas topográficos escala 1:200 000, por lo que los datos derivados no son de gran precisión. A todo esto hay que añadirle los problemas inherentes a accesibilidad, tiempo y logística. Todas estas circunstancias dificultan el registro y actualización de la información.

La tecnología LiDAR (*Ligth Detection and Ranging*) permite obviar muchos de estos limitantes. Los datos LiDAR proporcionan una alta resolución espacial gracias a la densidad de puntos obtenida durante el levantamiento (considerándose alta resolución aquellos datos con 5 – 10 puntos por metro cuadrado, donde resoluciones más altas pueden obtenerse con vuelos comisionados) unida a una elevada precisión altitudinal; (considerada como alta precisión vertical aquella entre 10 cm  $\pm$  25 cm). El ratio de levantamiento (área / tiempo) versus métodos tradicionales, es una de las ventajas más importantes que presentan los levantamientos LiDAR, llegando a levantar hasta 90 km<sup>2</sup> en una hora (Suárez et al., 2005). Estas ventajas a su vez están reforzadas en la actualidad por los SIG, que permiten que los datos LiDAR sean procesados y visualizados de forma rápida y eficiente.

En la actualidad se trata de una de las tecnologías más empleadas para la adquisición de datos en el terreno. Esto a su vez repercute en la aparición de nuevas aplicaciones para esta información, entre las que se encuentran la generación de Modelos Digitales de Terreno (MDT),



Modelos Digitales de Superficie (MDS), caracterización morfométrica de cuencas, entre muchas otras.

Este estudio pretende ser la base de partida de una investigación doctoral para la modelización predictiva e investigación del riesgo de inundación en cuencas, sub-cuencas y micro cuencas andinas, específicamente la cuenca del río Paute en el Ecuador (Ilustración 1). Los datos de base LiDAR para la modelización fueron obtenidos por medio de la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA), organismo estatal que tiene la potestad del manejo de cuencas hidrográficas en el Ecuador. Los datos corresponden al Proyecto para el Uso Multifinalitario del Agua (PUMA), el cual incluye la micro-cuenca del río Cutilcay. Esta es una de las micro-cuencas más importantes dentro del sistema, y además reúne todas las características representativas de la típica micro-cuenca dentro del subsistema de la cuenca del río Paute.

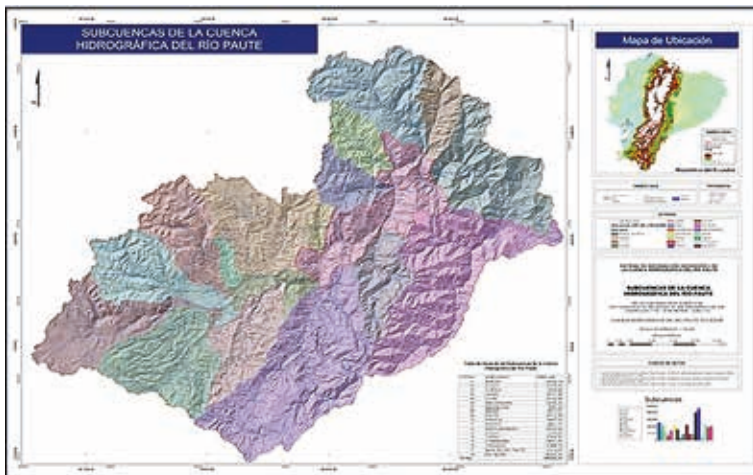


Ilustración 1.- Ubicación general sub-cuencas río Paute

## 2. Marco conceptual

El elemento básico de cualquier representación digital de la superficie terrestre son los Modelos Digitales de Elevaciones (MDE). Constituyen la base de muchas aplicaciones en ciencias de la tierra, ambientales y las ingenierías. Un MDE es un modelo digital de una superficie topográfica representada por puntos regulares o irregulares con valores de elevación (Moreno Brotóns et al., 2010; Höhle y Potuckova, 2011). Dentro de este tipo de modelos se encuentran los Modelos Digitales del Terreno (DTM), los cuales representan la superficie topográfica libre de objetos, es decir, representan al terreno (suelo) (Höhle y Potuckova, 2011).

Por otro lado, un Modelo Digital de Superficie (DSM) es la presentación digital topográfica de puntos regulares o irregulares representando los objetos sobre el terreno, por ejemplo vegetación o edificaciones (Höhle y Potuckova, 2011).

Los métodos para generar un MDT pueden clasificarse en dos grandes grupos (Moreno Brotóns et al., 2010; Nelson et al., 2009):

- Métodos directos, topografía tradicional o con GPS.
- Métodos basados en sensores remotos, fotogrametría o más recientemente radar y LiDAR.

Los métodos directos son más exactos y precisos, pero caros y limitados a poca superficie. Los métodos basados en sensores remotos permiten abarcar mayor extensión, aunque con una exactitud menor. Tradicionalmente, el método más habitual para generar un MDT ha sido la

interpolación a partir de curvas de nivel digitalizadas de mapas topográficos. Para la micro-cuenca del Cutilcay, la información de mejor escala disponible corresponde a 1:25 000.

## 2.1. Tecnología LiDAR

LiDAR es un sistema láser activo, montado generalmente sobre una aeronave, capaz de emitir pulsos de luz láser en la banda del espectro electromagnético entre el ultravioleta y el infrarrojo cercano (500 - 1500 nm). Posteriormente la señal reflejada por la superficie barrida es capturada y se calcula el tiempo empleado por cada una de las señales emitidas (pulsos) en recorrer el espacio que separa al transmisor de la superficie del terreno. El tiempo medido junto con la velocidad de la luz permiten calcular la distancia entre el sensor y la superficie terrestre. Un receptor GPS proporciona la posición y la altura del avión en cada momento, y un sistema inercial (INS) informa de los giros del avión y su trayectoria. Se obtiene así de forma casi instantánea una nube muy densa de puntos georreferenciada cuyas coordenadas (x, y, z) quedan registradas con gran precisión (Baltsavias, 1999; Hodgson et al., 2005). Los errores de medición están en torno a 15 y 25 cm en altimetría y 50-100 cm en planimetría, siendo estos muy dependientes del relieve del terreno y el equipo utilizado (Nelson et al., 2009).

Adicionalmente al registro de coordenadas, los sensores LiDAR registran valores de intensidad. La intensidad es el cociente entre la cantidad de energía retro-dispersada procedente de los objetos, captada por el sensor, y la cantidad de energía total emitida (Song, Han, Yu, & Kim, 2002).

Los productos fundamentales generados a partir de datos LiDAR según algunos autores (Liu et al., 2007; Baltsavias, 1999) son:

- Modelo Digital del Terreno: obtenido de la interpolación de puntos identificados como pertenecientes al terreno (base de la modelización hidrológica/hidráulica).
- Modelo Digital de Alturas de Objetos: obtenido de la diferencia del modelo digital de superficies y el MDT. Este modelo proporciona la altura de los objetos sobre el terreno.
- Imagen de intensidades: A partir de valores de intensidad asociados a cada punto y mediante un proceso de interpolación se obtiene una imagen de intensidades semejante a la banda del infrarrojo de las ortoimágenes o imágenes de satélite.

## 2.2. Caracterización de errores en un MDT

Un MDT es la representación visual y matemática de valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve. En los MDT existen dos cualidades esenciales: la precisión vertical/horizontal, y la resolución espacial. Ambas cualidades varían dependiendo del método usado para generar el MDT. Como cualquier otro conjunto de datos espaciales, tiene errores, lo que afecta también sus aplicaciones y usos.

Estos errores en el MDT pueden estimarse comparando un conjunto de valores conocidos de altitudes versus los correspondientes valores en el modelo (Höhle y Höhle, 2009). Según Höhle y Höhle (2009), si se asume una distribución normal de datos y no hay valores atípicos (*outliers*), se puede aplicar un conjunto de estadísticos

para evaluar este error. Habitualmente el error medio cuadrático, media del error y la desviación típica. De lo contrario, si los datos no siguen una distribución normal se deberían usar estadísticos robustos, menos sensibles a los efectos generados por *outliers*; por ejemplo cuantiles muestrales de la distribución del error (Höhle y Höhle, 2009). Los cuantiles muestrales son estimadores no paramétricos de la distribución basados en muestras de observaciones independientes ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ) de la distribución.

Por tanto, si los datos siguen una distribución normal, el error medio cuadrático es el descriptor tradicional más utilizado para cuantificar los errores en un MDT. Este estadístico tiene como principales inconvenientes que requiere valores de elevación real (puntos de control campo) y que no informa acerca de la distribución espacial de los errores y su posible autocorrelación (Moreno Brotóns et al., 2010; Meng et al., 2010; Felicísimo, 1994). La directiva INSPIRE (*Infrastructure for Spatial Information in Europe*) menciona que cuando se conoce a priori el valor terreno de referencia ( $Z_t$ ) se puede utilizar el método del error medio cuadrático, que se define en la fórmula 1.

$$EMC = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\hat{Z}(s_i) - z(s_i))^2}{n}}$$

**Formula 1.- Error medio cuadrático**

Dónde:

$N$  = es el tamaño de la muestra

$\hat{Z}_{Si}$  = El valor obtenido de la muestra en un punto

$Z_{Si}$  = El valor terreno de referencia

### 2.3. Morfometría de cuencas

El estudio de las características morfométricas se inició con el padre de la hidrología moderna en los Estados Unidos de Norte América, Robert Hermer Horton a través de dos artículos de referencia internacional, Drainage basin Characteristics (Horton, 1932) y Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology (Horton, 1932). Estos estudios fueron transformados de diferentes análisis puramente cualitativos y deductivos, a estudios científicos, cuantitativos y rigurosos capaces de suministrar datos hidrológicos fáciles de estimar (Strahler, 1957).

En 1952, Arthur Newell Strahler, modificó y mejoró el sistema para el análisis de red propuesto originalmente por Horton, donde se clasifican los órdenes de los cauces de acuerdo a su jerarquía y a la potencia de sus afluentes. Convirtiéndose en uno de los sistemas de clasificación más utilizados mundialmente.

Es fundamental la comprensión de parámetros y coeficientes en el concepto de cuenca hidrográfica: Entendiéndose por cuenca hidrográfica el área o superficie del terreno que aporta sus aguas de escorrentía a un mismo punto de desagüe (Wani y Garg, 2009). Esta transformación depende de las condiciones climáticas y características físicas de la cuenca (Horton, 1945; Horton, 1932).

La morfometría de cuencas se considera una de las herramientas más importantes en el análisis hídrico (Patton y Baker, 1976). El propósito es determinar índices y

parámetros que permitan conocer la respuesta hidrológica y el comportamiento en esta unidad de análisis. Se trata por tanto del estudio cuantitativo de las características físicas de una cuenca hidrográfica, y es de gran importancia en el análisis de la red de drenaje. También resulta de gran utilidad ya que permite el estudio de la semejanza de los flujos de diferentes tamaños (García Ruiz et al., 1987) con el propósito de aplicar los resultados de los modelos elaborados a pequeña escala a prototipos de gran escala (Splinter et al., 2011).

Otro aspecto interesante reside en los objetivos fundamentales de estos estudios, dirigidos a inferir posibles picos de crecidas o avenidas en caso de tormentas, cuyas repercusiones de tipo socio-económico motivan especial atención a la hora de utilizar y ocupar el territorio, o en el momento de definir medidas de tipo estructural para el control de crecidas.

La influencia de estos factores sobre la transformación de la precipitación en escorrentía es deducible cuantitativamente. Es posible definir cierto número de índices, susceptibles de servir, al menos de referencia, en la clasificación de cuencas y facilitar los estudios de semejanza (Strahler, 1957; Strahler, 1952). Las propiedades morfométricas de una cuenca proporcionan una descripción física espacial permitiendo realizar comparaciones entre distintas cuencas. Además proporcionan conclusiones preliminares sobre las características ambientales del territorio. La morfometría particular de cada cuenca hidrográfica es proporcional a la posibilidad de cosecha hídrica; ante eventos climáticos, posibles respuestas a los mismos, escorrentía superficial, expresada en términos de caudales, incidencia en el

transporte de sedimentos y nutrientes a lo largo de los ecosistemas que la integran. Actualmente, herramientas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), procesos de interpretación de imágenes satelitales, permiten realizar la caracterización espacio temporal de las propiedades morfométricas de las cuencas hídricas y de las redes de drenaje.

El análisis de características morfométricas funcionales de una cuenca por parámetros de forma, relieve y red de drenaje es básico en la modelación hidrológica (Strager et al., 2010; Montgomery et al., 1998). Estos parámetros son muy importantes en el estudio y comportamiento de los componentes del ciclo hidrológico.

### **3. Área de estudio y datos**

La micro-cuenca Cutilcay (Ilustración 2) localizada en la provincia del Azuay, Ecuador, tiene un área de 485,6 ha, abastece a 8 sistemas de agua potable, 6 corresponden a las comunidades de la micro-cuenca con una población de 662 familias (un sistema abastece a la comunidad de Plaza Pamba que está fuera del perímetro de la micro cuenca, 80 familias. El sistema de agua potable del centro urbano de Paute con 1 253 familias). La micro cuenca en total provee de agua para consumo humano a 1 995 familias.



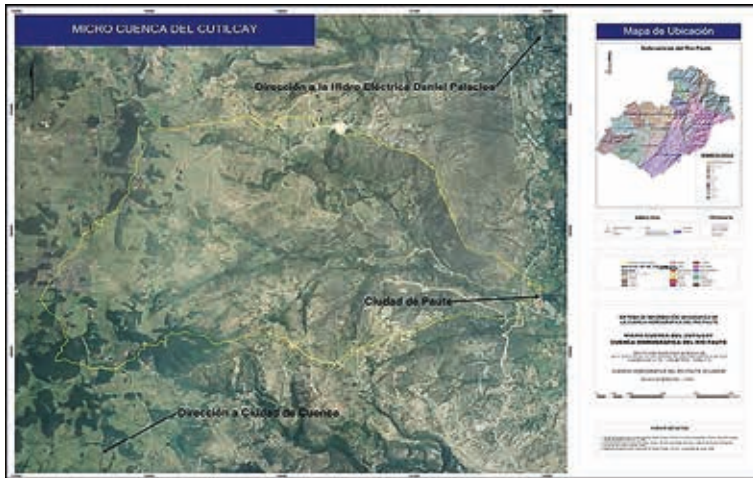


Ilustración 2.- Ubicación micro-cuenca del Cutilcay

### 3.1. Datos LiDAR

Los datos LiDAR empleados en este proyecto fueron capturados con un sensor Leica ALS50 II en el mes de Agosto de 2012 (Tabla 1).

Tabla 1.- Características sensor LiDAR

Sensor de captura de datos Lidar	
Sensor empleado	ALS50 II
Número de serie	SN 48
Altura de vuelo	200m - 6 000m
Frecuencia de pulsación	Hasta 150 000 Hz ( 150 000 pulsos/seg)
Precisión a priori	Hasta 10cm en altimetría
Numero de retornos capturados	4
campo de visión (FOV)	10°- 75°
Captura de intensidades	Una por pulso
Tecnología MPIA (Multiple Pulses in Air)	Si
Densidad de puntos (puntos / m <sup>2</sup> )	Hasta 12

### 3.2. Orto-imágenes

Las imágenes empleadas corresponden a ortofotografía escala 1:5000 generada a partir de la toma de fotografía aérea 1:20000 con un GSD (*Ground Sample Distance*) de 30 cm, para la zona sierra del Ecuador.

## 4. Material y métodos

En la Ilustración 3 se presenta el flujo de trabajo para el procesado de los datos.

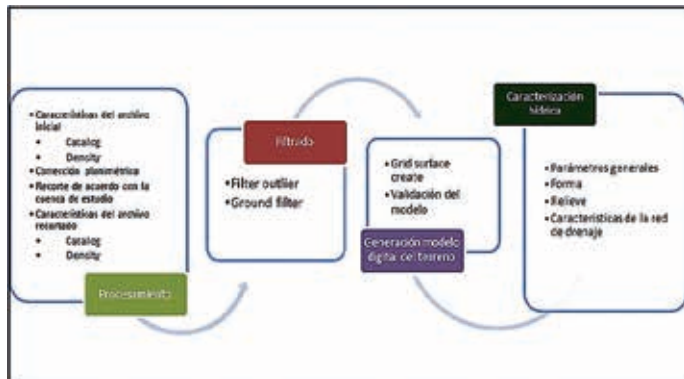


Ilustración 3.- Orden metodológico de actividades

### 4.1. Procesamiento datos LiDAR

#### *Características archivos LiDAR iniciales*

El primer paso para trabajar con datos LiDAR es conocer las características de éstos. En este estudio se han realizado dos análisis empleando el software libre

FUSION: caracterización general de datos (Catalog), y un análisis de la distribución de puntos (Switch de la herramienta Catalog-Density).

Catalog.- Utilizando el comando Catalog de FUSION producimos un conjunto de informes que describen varias e importantes características de los datos LiDAR: valores de coordenadas máximas y mínimas, elevación máxima registrada, número de puntos registrados, densidad nominal de retornos en cada pasada, etc.

Switch: density.- Asimismo tiene una opción adicional denominada Density, la cual permite crear una imagen donde cada pixel almacena el número de retornos LiDAR en esa localización. Conjuntamente con la imagen se presenta una tabla resumen de densidades codificada por colores.

### *Corrección planimétrica*

El correcto acoplamiento entre diferentes pasadas es de suma importancia en fotogrametría y en el empleo de datos procedentes de sensores remotos en general, y más aún en el campo de los levantamientos mediante sensores LiDAR. Existen métodos para acometer este propósito, por ejemplo procedimientos de filtrado y suavizado, segmentación y clustering (Bakula et al., 2014; Höhle y Øster Pedersen, 2010; Wu et al., 2008).

Para llevar a cabo la corrección se establecieron una serie de polígonos representativos, claramente identificables en zonas de solapamiento entre pasadas. El primer grupo de polígonos, considerados “verdad terreno”, se obtuvieron digitalizando sobre la ortoimagen

en verdadera proyección (“*true orto*”) (Ilustración 4a). Posteriormente, los polígonos fueron digitalizados sobre cada MDS derivados de las pasadas (Ilustración 4b). Seguido, se estableció el centroide de cada polígono para los dos grupos, calculándose las diferencias entre centroides “verdad terreno” y los derivados de los MDS (Ilustraciones 4c y 4d), corrigiendo el desplazamiento en base a los valores obtenidos. Para realizar este proceso se utilizó el software propietario ESRI® ArcMapTM 9.3.

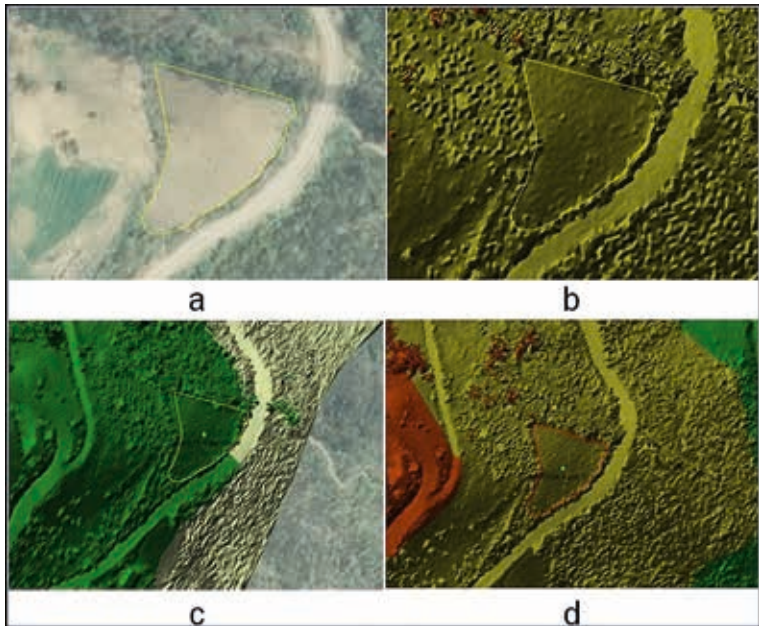


Ilustración 4.- Identificación y digitalización de **áreas comunes** entre las pasadas 38 y 41: a) Digitalización true orto; b) Comparación con MDT; c) Área y centroide pasada 41; d) Área y centroide pasada 38

### *Corrección altimétrica*

Para la corrección altimétrica se realizó un ajuste fino por mínimos cuadrados. Este procedimiento parte de la selección de varios polígonos semejantes en los TIN's generados para cada pasada que se solapa. Usando los polígonos creados para el proceso de rectificación planimétrica se extraen los puntos LiDAR y se obtienen a partir de los valores de sus coordenadas (x, y, z) la media, mediana, desviación típica y el error medio cuadrático. De los resultados de cada pasada se determinan sus diferencias y se realiza el ajuste altimétrico (Bakula et al., 2014; Wu et al., 2008; Kraus y Pfeifer, 2001).

### *Recorte de la información*

Utilizando el software FUSION se procede con el corte de datos utilizando un contorno aproximado de la cuenca. Utilizando un archivo de tipo shape correspondiente a la delimitación a nivel 6 pfaftetter<sup>1</sup> perteneciente a la delimitación hidrográfica del Santiago (SENAGUA).

## **4.2. Generación y validación del MDT**

Los datos resultantes del recorte son sometidos a dos tipos de filtros: el primero, FilterData, se emplea para eliminar valores anómalos (*outliers*), mientras que el segundo Groundfilter se emplea para seleccionar puntos terreno. Seguidamente se genera el MDT utilizando el

<sup>1</sup> Proceso consistente en delimitar unidades hidrográficas dividiendo y codificando jerárquicamente las unidades por tipología: cuenca, sub-cuenca y micro-cuenca interna, desde el ámbito continental (Nivel 1), hasta los niveles 2, 3, 4, 5 y 6 en todo el territorio de la cuenca amazónica (SENAGUA).

comando de FUSION GridSurfaceCreate, mediante el cual se obtiene una superficie continua a partir de un conjunto discreto de puntos mediante un proceso de interpolación. Los comandos mencionados se detallan a continuación:

**FilterData.** Genera un nuevo archivo de datos con los retornos que cumplan los requisitos establecidos por el filtro. El uso más común es eliminar *outliers* de los archivos LiDAR. Tiene tres parámetros principales: tipo de filtro a usar (FilterType), en este caso outlier; FilterParms, para el caso particular del filtro outlier corresponde con el multiplicador aplicado a la desviación estándar, de tal forma que se eliminarán aquellos retornos cuya elevación supere el umbral derivado de: elevación media  $\pm$  FilterParms \* desviación estándar de las elevaciones; y WindowSize, tamaño de la ventana usado para calcular la media y desviación estándar de las elevaciones.

**GroundFilter.** Esta herramienta permite filtrar la nube de datos e identificar puntos terreno. Emplea un algoritmo de predicción lineal, adaptación del desarrollado por (Kraus y Pfeifer, 1998). En este estudio se utilizaron los parámetros por defecto, con una ventana de filtrado de 5 metros y 8 iteraciones.

**GridSurfaceCreate.** Crea un modelo de superficie regular usando colecciones de puntos aleatorios. El modelo de superficie se almacena en formato DTM (Data Terrain Model).

#### *Validación del modelo.*

Para cuantificar el error introducido en la generación del MDT se han utilizado las zonas de muestreo DGPS, y

datos obtenidos mediante selección de puntos terreno LiDAR en la ortofotografía. La cuantificación del error se obtuvo comparando el conjunto real de valores elevación con los obtenidos del modelo generado. El error en elevación en un punto  $i$  está definido como la diferencia entre la elevación del punto en el modelo  $z_i$  y su valor real  $z(i)$ , calculando el error medio cuadrático (EMC).

### 4.3. Caracterización del régimen hídrico (morfometría)

#### *Descripción general de la cuenca*

La micro-cuenca del Cutilcay, situada en el término provincial del Azuay, cantón Paute pertenece a la cuenca del río Paute que está inmersa en la demarcación hidrográfica del Santiago, zonal 6 (Tabla 2).

Tabla 2.- Datos generales micro-cuenca.

Nombre de la cuenca	Término municipal	Codificación UH Pfafstetter						Punto desagüe	
		Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6	Coor UTM X	Coor UTM Y
Cutilcay	Paute	4	49	9	8	2	5	747709,9	9693410,79

#### *Parámetros generales*

Recogen los aspectos básicos que representan la cuenca, constituyen la información mínima básica necesaria para conocer la naturaleza, características y comportamiento de la micro-cuenca. A continuación se especifican los parámetros generales tenidos en cuenta en este estudio:

Área de la cuenca. La micro-cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro. La divisoria

de aguas de naturaleza topográfica representa una línea imaginaria que separa laderas opuestas de un punto de elevación, en donde las aguas de escorrentía de cada ladera fluyen a cauces diferentes (Beven y Kirkby, 1979).

Se representa por:

*Área (A) (Km<sup>2</sup>):* Superficie encerrada por la divisoria de aguas.

*Perímetro de la cuenca.* Informa sucintamente sobre la forma de la cuenca. Para una misma superficie, los perímetros de mayor valor, se corresponden con cuencas alargadas, mientras que los de menor valor se corresponden con cuencas redondeadas. Se considera como la longitud de los contornos de la cuenca y está ligada a la irregularidad del lugar a estudiar (Beven y Kirkby, 1979; Strahler, 1957; Horton, 1945).

Se representa por:

*Perímetro (P) (km):* Medición de la línea envolvente de la cuenca hidrográfica, por la divisoria de aguas topográficas.

*Longitud axial.* Viene definida por la longitud del cauce principal, siendo equivalente a la distancia recorrida entre el de desagüe de la cuenca y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba (Tarolli y Dalla Fontana, 2007; Strahler, 1957; Horton, 1945).

Se representa por:

*Longitud axial (La) (km):* Distancia existente entre la desembocadura y el punto más lejano de la cuenca. Es el eje de la cuenca.



Ancho de la cuenca. Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.

Se representa por:

*Ancho promedio (Ap) (km):* Relación entre la superficie de la cuenca y la *La*.

Ancho nominal. Generado a partir de la identificación del punto donde el ancho de la cuenca obtiene el valor más elevado.

Se representa por:

*Ancho nominal (An) (km):* Selección del punto donde la cuenca alcanza el ancho máximo.

Cota máxima y mínima. Selección de las cotas máxima y mínima dentro del contorno de la cuenca.

Desnivel altitudinal. Se define por el valor obtenido de la diferencia entre la cota máxima y mínima del área de estudio.

Se representa por:

*Desnivel altitudinal (DA) (msnm):* Valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja.

$$DA = HM - Hm$$

Fórmula 2.- Desenivel altitudinal

Altitud media. Valor muy importante para los estudios de análisis hídricos, siendo la altura de carga hipotética potencial que influye sobre los volúmenes de exceso de lluvia, considerándose como si estuvieran uniformemente distribuidas sobre la superficie.

### *Parámetros de forma*

La forma de la cuenca es determinante para entender su comportamiento hidrológico. Cuencas con la misma área pero de diferentes formas presentan respuestas hidrológicas e hidrogramas diferentes. Los parámetros de forma tenidos en cuenta son:

*Factor forma.* El factor o relación de forma de Horton indica cómo se regula la concentración de escorrentía superficial. (Jardí, 1985; Strahler, 1957; Strahler, 1952). Este factor manifiesta la tendencia de la cuenca a crecidas: cuando el factor forma ( $R_f$ ) es similar a 1, representa una cuenca de forma redondeada (Tabla 3); la cuenca con  $R_f$  bajo, se caracteriza por ser una cuenca alargada, con un colector de mayor longitud que la totalidad de los tributarios, sujeta a crecientes de menor magnitud; o una cuenca de forma triangular, con dos vértices en las cabeceras, afluentes de similar longitud y sincronismo en la llegada, provocará crecidas más significativas.

Se representa por:

*Factor de forma ( $R_f$ ):* Relación entre el ancho promedio de la cuenca y la  $L_a$ . Es un factor adimensional.

$$R_f = \frac{A}{L_a^2}$$

Fórmula 3.- Relación de forma Horton

Los valores interpretativos del factor de forma de Horton, Tabla 3:

Tabla 3.- Relación forma Horton (Strahler, 1957)

Rango de valores	Forma de la cuenca
< 0,22	Muy alargada
0,22 - 0,30	Alargada
0,3 - 0,37	Ligeramente alargada
0,37 - 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 - 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 - 0,80	Ensanchada
0,80 - 1,12	Muy ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc). Define la forma y la superficie que abarca la cuenca, teniendo influencia sobre la escorrentía y la marcha del hidrograma resultante de una precipitación (de Llano y Mintegui Aguirre, 1986; Strahler, 1957). El Kc es adimensional y permite relacionar el perímetro de la cuenca con el perímetro de un círculo de área equivalente al de la cuenca, y de esta manera representar esta característica (Gaspari et al., 2009; Strahler, 1957). Para explicar el Kc de una cuenca se ha propuesto su comparación con una cuenca ideal de forma circular (Tabla 4), con sus tributarios dispuestos radialmente y que desembocan en el punto central (Wani y Garg, 2009; de Llano y Mintegui Aguirre, 1986; Strahler, 1957).

Se representa por:

Coeficiente de compacidad de Gravelius (Kc):

Relación entre perímetro (km) y la superficie (km<sup>2</sup>).

$$Kc = \frac{P}{(2\sqrt{\pi A})}$$

Fórmula 4.- Coeficiente de compacidad Gravelius

El  $K_c$  está relacionado con el tiempo de concentración, tiempo que tarda una gota de lluvia en moverse desde la parte más lejana de la cuenca hasta la salida. En este momento ocurre la máxima concentración de agua, puesto que están llegando gotas de lluvia de todos los puntos de la cuenca. Según el valor que tome este coeficiente, la cuenca tendrá diferente forma.

Índice $K_c$	Descripción
1 - 1,25	Redonda - ovalo redonda
1,25 - 1,5	Ovalo redonda - ovalo oblonga
1,5 - 1,75	Ovalo oblonga - rectangular oblonga
> 1,75	Rectangular oblonga - Muy lobuladas

Tabla 4.- Tabla índice de compacidad Gravelius

A medida que su  $K_c$  tiende a 1, es decir cuando tiende a ser redonda, la peligrosidad de la cuenca en las crecidas es mayor, las distancias relativas de los puntos de la divisoria con respecto a uno central, no presenta diferencias mayores y el tiempo de concentración es menor, por lo tanto mayor será la posibilidad de que las ondas de crecidas sean continuas (Strahler, 1957; Horton, 1932).

Parámetros de relieve. Los parámetros de relieve son de gran importancia, presentando *más influencia sobre el comportamiento hidrológico que los parámetros de forma, y de forma general*, de tal manera a mayor relieve o pendiente, los procesos de escorrentía se producen en tiempos menores.

Pendiente media de cuenca (PM). El proceso de degradación al que se ve sometida una cuenca hidrográfica, al igual que el caudal máximo, muy influenciados por la configuración topográfica, debido a que el poder erosivo

se manifiesta en mayor o menor grado de acuerdo a los distintos grados de pendiente (Wani y Garg, 2009; de Llano y Mintegui Aguirre, 1986; Strahler, 1957).

*Pendiente media del cauce (j)*. La velocidad de escorrentía de las corrientes de agua en una cuenca hidrográfica depende de la pendiente de los canales fluviales. Cuanto mayor pendiente, mayor velocidad de flujo, por tanto, se convertirá en un factor característico del tiempo de respuesta de la cuenca ante determinada precipitación. (Gaspari et al., 2009; Wani y Garg, 2009; de Llano y Mintegui Aguirre, 1986; Strahler, 1957). Tabla 5, rangos de pendiente por Strahler (1957a).

Se representa por:

*Pendiente media del cauce (j)*: Relación entre desnivel altitudinal de la cuenca (D) en Km y la longitud del cauce principal (L) en Km.

$$j = \frac{DA}{Ln}$$

Fórmula 5.- Pendiente media del cauce

Tabla 5.- Valores comparativos pendiente media

Pendiente media %	Tipología del terreno
< 0,5	Muy plano
0,5 - 1	Plano
1 - 3	Suave
3 - 12	Accidentado medio
12 - 20	Accidentado
20 - 50	Fuertemente accidentado
50 - 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

Curva hipsométrica. La función hipsométrica para describir la relación entre la propiedad altimétrica de una cuenca en un plano versus su elevación (Ilustración 5). De esta forma se representa el área drenada en función de la variación de la altura de la superficie de la cuenca. La forma de la curva se asocia con niveles de actividad de los diferentes procesos de erosión y sedimentación, y con el grado de madurez de la red.

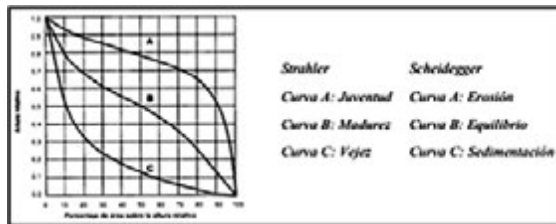


Ilustración 5.- Descripción forma de curva (Scheidegger, 1991; Strahler, 1957; Strahler, 1952)

Histograma frecuencias altimétricas. Es la representación de la superficie en km<sup>2</sup> (o en porcentaje), comprendida entre dos cotas. La representación de varios de estos niveles da lugar al histograma de frecuencias altimétricas (Ilustración 6).

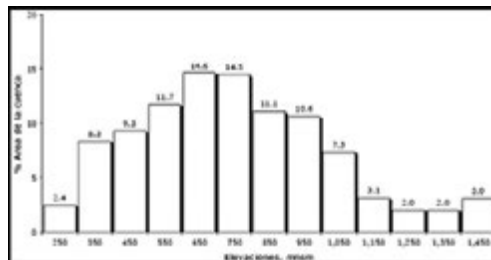


Ilustración 6.- Ejemplo de histograma

### *Características de la red de drenaje*

*Longitud del cauce principal (Ln)*. Definida por la suma de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan la cuenca expresada en Km.

*Densidad de drenaje (Dd)*. Definida para cada cuenca como la relación entre la suma de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan por la cuenca con respecto al área de la misma. Caracteriza cuantitativamente la red hidrográfica de la cuenca, por el grado de relación entre el tipo de red y la clase de material predominante (Gaspari et al., 2009; Wani y Garg, 2009; de Llano y Mintegui Aguirre, 1986; Strahler, 1957). En general, una mayor densidad de escorrentía indica mayor estructuración de la red o bien mayor potencial erosivo.

Se representa por:

*Densidad de drenaje (Dd)* establecida por Horton: cociente entre la suma de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan la cuenca (*Ln*) y el área total de la cuenca (*A*).

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Fórmula 6.- Densidad de drenaje

En la Tabla 6 se establecen factores de densidad de drenaje de cuencas según Strahler / Horton.

Tabla 6.- Densidad de drenaje

Densidad de Drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )	Categoría
< 1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
> 3	Muy alta

Sin tener en cuenta otros factores del medio físico, cuanto mayor sea la densidad del drenaje, más rápida será la respuesta de la cuenca frente a una tormenta, evacuando el agua en menos tiempo.

Tiempo de concentración (Tc). Tiempo que tarda el flujo superficial en contribuir al caudal de salida, desde el punto más alejado hasta la desembocadura de la cuenca y depende de la forma de la cuenca. A partir de información antecedente de siete cuencas rurales estadounidenses, con canales bien definidos y pendientes pronunciadas, se desarrolló una ecuación empírica (Chow et al., 1994; Kirpich, 1940) (Fórmula 7).

Se representa por:

$$T_c = 0.01947 L^{0.11} S^{-0.385}$$

Fórmula 7.- Tiempo de concentración

Donde:

TC es el tiempo de concentración en minutos;

L la longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida en metros y S la pendiente promedio de la cuenca, en metros.

Relación de bifurcación (Rb). Permite inferir sobre posibles crecidas en el sistema. Valores bajos de esta relación se



asocian con cuencas muy bien drenadas, que a su vez pueden generar crecidas más violentas (Strahler, 1957; Horton, 1945). El valor típico se establece entre 3 y 5 en cuencas donde la estructura geológica no distorsione el patrón de drenaje natural (Strahler, 1957).

Se representa por:

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$$

Fórmula 8.- Relación de bifurcación

Donde:

Nu es la cantidad (suma de ocurrencias) de una clase u orden.

Perfil longitudinal. El perfil longitudinal de un río es la línea obtenida a partir de la representación gráfica de las diferentes alturas desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Jerarquización red fluvial. Permite obtener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. El orden de los cauces se relaciona con el caudal relativo a un segmento de un canal. En el método Strahler/Horton, la codificación de cada segmento va en función del número de afluentes. Cada canal tiene un único orden que se corresponde con el mayor que puede tener al final de su recorrido (Strahler, 1957; Horton, 1945).

Orden de la cuenca. Refleja el grado de ramificación del sistema. Un cauce se une con otro de orden mayor; el canal resultante aguas abajo retiene el mayor de los órdenes. El orden de la cuenca es el mismo que el de su cauce principal a la salida (Ilustración 7).

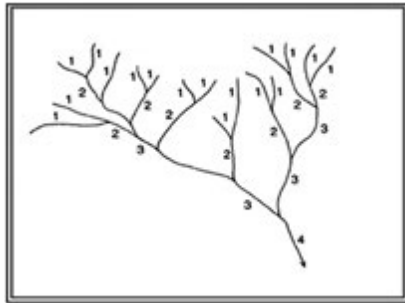


Ilustración 7.- Orden de cauces (Strahler, 1957)

## 5. Resultados y discusión

### 5.1. Resultados, procesamiento previo datos LiDAR

Un primer resultado fueron las estadísticas de los archivos LiDAR originales, que presentan una densidad nominal media de 1,74 puntos/m<sup>2</sup> tomando en cuenta todos los archivos (Ilustración 8). Los 12 archivos LiDAR que representan la cuenca contienen 19.387.313 puntos en total.

File name	Minimum X	Minimum Y	Minimum Z	Maximum X	Maximum Y	Maximum Z	Total Vertices	Triangular Vertices
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
C:\FFM\cda\cda\cda\cda\10 km	840000.00	8000000.00	2200.00	900000.00	8000000.00	2500.00	1,000,000	0.00
<b>Overall (12 Files)</b>	<b>840000.00</b>	<b>8000000.00</b>	<b>2200.00</b>	<b>900000.00</b>	<b>8000000.00</b>	<b>2500.00</b>	<b>12,000,000</b>	<b>0.00</b>
<b>Class value</b>	<b># vertices</b>	<b>Interpretation</b>						
0	0	Created, never classified						
1	19,387,313	Unclassified						
2	0	Ground						
3	0	Low Vegetation						
4	0	Medium Vegetation						
5	0	High Vegetation						
6	0	Building						
7	0	Low Point (Index)						

Ilustración 8.- Resultado comando *Catalog*

El Switch Density devolvió la densidad de puntos/m<sup>2</sup> en formato ráster. La Ilustración 9 muestra el resultado de la pasada número 14. Las celdas con densidades de puntos dentro del rango mínimo-máximo además de los lugares donde no existe información (Ilustración 10).

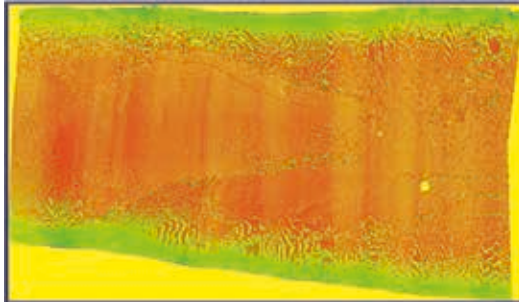



Ilustración 9.- Resultado *Catalog/Density* pasada 14

Return Density			
Density computed using a cell size of 1.00 by 1.00 meters (1.00 square units)			
Density output is 1000 rows by 2000 columns. Catalog_path: density.jpg			
Minimum return density (returns per square unit)	2.89		
Maximum return density (returns per square unit)	87.00		
Average return density (returns per square unit)	3.70		
Standard deviation of return density (returns per square unit)	3.88		
Color	Description	Percentage of Area with Data	Percentage of Total
Yellow	Cells with no points (voids for statistics (average units))	50.4	16.11
Red	Density less than minimum specification (less than 2.00 points per square unit)	78.10	14.17
Green	Density within specifications (2.00 to 8.00 points per square unit)	18.42	8.10
Blue	Density exceeds specifications (more than 8.00 points per square unit)	1.03	0.45

Ilustración 10.- Resultado *Catalog/Density* pasada 14

Para la rectificación del desplazamiento entre pasadas se realizó un proceso de corrección planimétrica. En un primer paso y mediante los resultados de las diferencias entre centroides de polígonos identificados como comunes entre pasadas, se establecieron los valores de los vectores de cambio. Un ejemplo se presenta en la tabla 7. En este caso, el desplazamiento registrado de la pasada 41 en la coordenada x es de 8,12 m mientras que en la coordenada y es de 15,46 m.

Tabla 7.- Corrección pasada 41

		<b>Centroide X</b>	<b>Centroide Y</b>
	<b>Ortofoto</b>	746404,05	9694111,45
	<b>Vuelo 41</b>	746412,17	9694126,91
	<b>Diferencias</b>	8,12	15,46

También se realizó un proceso de corrección planimétrica fina en base a la función de mínimos cuadrados. Los vectores se obtienen de la resta de los errores medios cuadráticos obtenidos de todos los puntos extraídos de los polígonos comunes de cada pasada con respecto a los valores que se consideran verdad terreno (Tablas 8 a 10).

Tabla 8.- Datos pasada nº 38

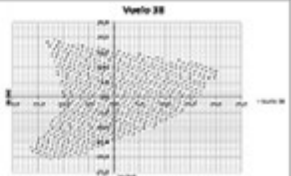
Vuelo	Parámetro	X(m)	Y(m)	
38	Media	746410,45	9694126,05	
	Mediana	746409,36	9694126,82	
	S	8,63	9,75	
	EMC	8,63	9,75	

Tabla 9.- Datos pasada nº 41

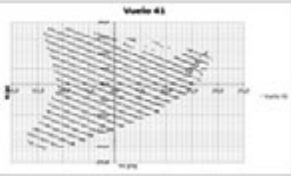
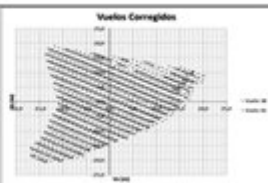
Vuelo	Parámetro	X(m)	Y(m)	
41	Media	746412,87	9694126,66	
	Mediana	746411,97	9694127,48	
	S	8,73	9,29	
	EMC	8,72	9,29	

Tabla 10.- Datos conjuntos corregidos

Vuelo	Parámetro	X(m)	Y(m)	
Corregidos	Media	746412,17	9694126,91	
	Mediana	746411,86	9694127,87	
	S	8,73	9,3	
	EMC	8,72	9,29	

Con la información corregida se recortaron los datos con el contorno de la micro-cuenca correspondiente a la división pfaftetter a nivel 6 con el área basal de la cuenca hidrográfica.

A continuación se calcularon las estadísticas generales del archivo resultante del proceso de recorte, obteniendo las características básicas de los datos LiDAR en la micro-cuenca. A partir de este proceso se obtuvo que los datos LiDAR tienen una densidad media por m<sup>2</sup> de aproximadamente 2 puntos/m<sup>2</sup> y un total de 14.901.490 de puntos en la cuenca de estudio. (Ilustración 11). El 23,13% de la superficie del área de estudio tiene una densidad menor de 2 puntos/m<sup>2</sup> mientras que 70,49% de la superficie presenta una densidad entre 2 y 8 puntos/m<sup>2</sup> y únicamente el 6,38% registra una densidad superior a 8 puntos/m<sup>2</sup> (Ilustración 12). Este resultado indica que la nube de puntos LiDAR presenta alta densidad.

File Summary								
Filename	Minimum X	Minimum Y	Minimum Elevation	Maximum X	Maximum Y	Maximum Elevation	Total Returns	Filtered Returns Density
C:\TSM_04\LAS\cutlas.las	741240.28	9693194.51	2291.29	747944.00	9694017.93	3121.64	14,901,490	1.00
Classification Summary (valid for LAS format files only)								
Class value	# returns	Interpretation						
0	0	Created, never classified						
1	14,901,490	Unclassified						

Ilustración 11.- Resultado *Catalog* archivo recortado

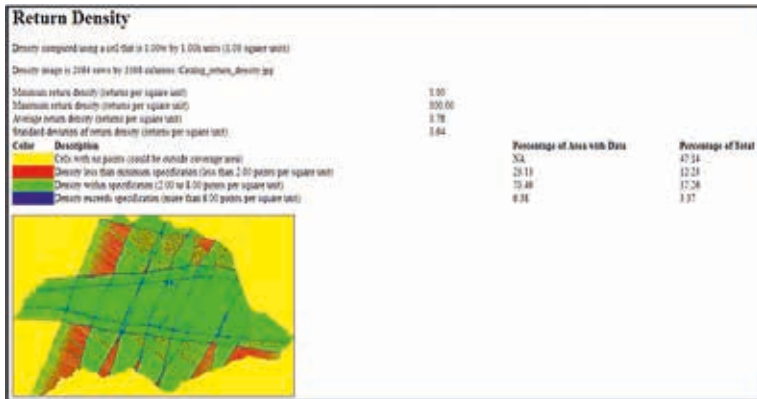


Ilustración 12.- Resultado *Catalog/Density* archivo recortado

## 5.2. Modelo digital del terreno

El archivo resultante es sometido a un filtrado (filterdata) para eliminar posibles *outliers*, estableciendo como FilterParms el valor 3. De tal forma que cualquier valor fuera del rango establecido por la media  $\pm 3$  desviaciones estándar es eliminado. Luego se aplica el filtro groundfilter para la selección de los datos que son considerados terreno. Paso seguido se transforman estos datos discretos en una superficie continua utilizando el comando GridSurfaceCreate, y se obtiene el MDT en formato ráster (Ilustración 13).

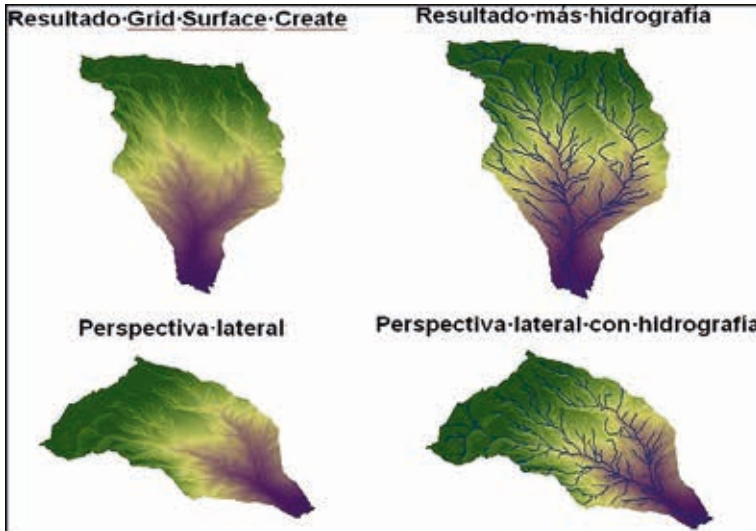


Ilustración 13.- Modelo digital del terreno micro-cuenca del Cutilcay

Para la validación del modelo se realizó un análisis básico en R estadístico para comprobar si la distribución de residuales tiene una distribución normal. Para ello se usa el test de Shapiro–Wilk (Shapiro et al., 1968), conjuntamente con un análisis gráfico usando un diagrama de cuantiles (Ilustración 15). De los resultados obtenidos se asume que los datos siguen una distribución normal.

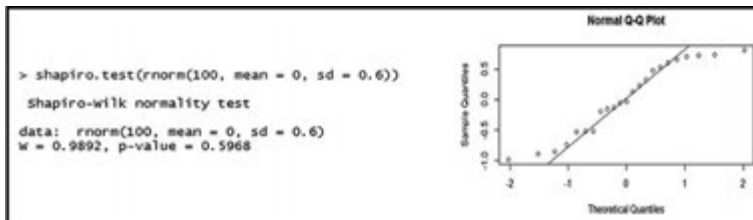


Ilustración 14.- Análisis R estadístico “distribución residuales”

Tabla 11.- Resultados EMC Modelo Digital del Terreno

FID	POINT_Z Original	FID	POINT_Z MDT	Diferencia	Error medio cuadrático
4917	2897,27	4917,00	2897,79	0,52	0,30
4949	2897,29	4949,00	2898,15	0,85	
4981	2897,25	4981,00	2897,40	0,15	
4996	2897,46	4996,00	2897,48	0,03	
5017	2897,28	5017,00	2897,48	0,20	
FID	POINT_Z Original	FID	POINT_Z MDT	Diferencia	Error medio cuadrático
1000	3026,04	1000,00	3025,51	0,53	0,18
1001	3026,03	1001,00	3026,56	0,53	
1002	3026,03	1002,00	3025,30	0,73	
1003	3026,04	1003,00	3027,04	1,00	
1004	3026,05	1004,00	3025,22	0,83	
FID	POINT_Z Original	FID	POINT_Z MDT	Diferencia	Error medio cuadrático
8963	2680,30	8963,00	2679,81	0,49	0,28
8967	2660,41	8967,00	2661,15	0,75	
8970	2659,90	8970,00	2659,18	0,72	
8974	2660,44	8974,00	2660,57	0,13	
8976	2660,45	8976,00	2660,11	0,34	
FID	POINT_Z Original	FID	POINT_Z MDT	Diferencia	Error medio cuadrático
67	2238,73	67,00	2238,11	0,62	0,25
68	2237,00	68,00	2236,25	0,74	
73	2238,80	73,00	2238,85	0,05	
74	2237,23	74,00	2236,99	0,24	
82	2237,05	82,00	2237,58	0,53	
FID	POINT_Z Original	FID	POINT_Z MDT	Diferencia	Error medio cuadrático
7	2265,02	7,00	2264,89	0,13	0,06
8	2264,89	8,00	2265,78	0,89	
12	2264,59	12,00	2263,91	0,68	

En la tabla 11 se incluyen los datos recopilados para la validación del MDT. El campo “P\_Z Original” representa los valores originales de los datos LiDAR obtenidos directamente del archivo .LAS; “P\_Z\_MDT” representa los datos recolectados del MDT; y el campo “Diferencia” es el



resultado de restar los campos anteriores. El campo más relevante en este caso es el del error medio cuadrático (EMC). El valor máximo es de 0,30 m, que está dentro de los márgenes aceptables de precisión. Calculando el error medio cuadrático global se obtuvo un valor de 0,22 m, donde se deduce que los filtros y el algoritmo de generación del MDT fueron efectivos.

La distribución de errores parece seguir patrones espaciales debido a la mayor o menor habilidad de los algoritmos para producir los modelos digitales.

### **5.3. Resultados de la caracterización del régimen hídrico**

#### *Parámetros generales*

El régimen hídrico resultante de la micro-cuenca, en cuanto al tamaño (área/perímetro) corresponde a una micro-cuenca pequeña. En función de su longitud axial de 3,37 km y del ancho de la micro-cuenca de 1,97km, se deduce se trata de una cuenca semi-alargada. Las cotas registradas para la cuenca son: cota mínima 2272,33 msnm y cota máxima 3166 msnm, obteniendo un desnivel altitudinal de 893,67 m, presentando una altura media de 2653,03 msnm establecida a partir del MDT. El resumen de estos resultados se presenta en la tabla 12.

Tabla 12.- Resultados parámetros morfométricos generales micro-cuenca del Cutilcay

Parámetros morfométricos generales micro-cuenca del Cutilcay		
Descripción	Unidades	Valor
Área	km <sup>2</sup>	4,86
Perímetro de la cuenca	km	9,89
Largo de la cuenca	km	3,37
Ancho de la cuenca	km	1,97
Cotas		
Cota máxima	msnm	3166
Cota mínima	msnm	2272,33
Desnivel altitudinal	m	893,67
Centroide (PSC: WGS 1984, UTM, Zona 17S)		
X centroide	m	745904,54
Y centroide	m	9693847,54
Z centroide	msnm	2653,03
Altitud		
Altitud media	msnm	2653,03
Altitud más frecuente	msnm	3063,11
Altitud de frecuencia media	msnm	2820,93

### *Parámetros de forma*

Desde un punto de vista hídrico la forma de una cuenca influye en la escorrentía superficial de un cauce, especialmente cuando presenta precipitaciones elevadas. El factor forma (Tabla 13) en este caso es de 0,23 lo cual indica y reafirma la suposición de que se trata de una cuenca alargada (Tabla 3). Este factor está relacionado con el coeficiente de Gravelius, cuyo valor es de 1,27, que indica una cuenca de forma redonda -- ovalo redonda.

Tabla 13.- Resultados parámetros de forma micro-cuenca Cutilcay

Parámetros morfométricos de forma micro-cuenca del Cutilcay		
Descripción	Unidades	Valor
forma	factor	0,23
Coefficiente de Gravelius	km	1,27

### *Parámetros de relieve*

Los valores de forma, asociados a parámetros de relieve (Tabla 14) presentan una pendiente promedio de 50,12%, lo que lleva a deducir que se trata de una micro-cuenca con potencial de crecidas rápidas e intempestivas. Esto conjuntamente con una pendiente media del cauce principal de 19,42% y un relieve montañoso, no permiten una evacuación rápida del caudal del agua, existiendo riesgo de inundaciones ante precipitaciones fuertes.

Tabla 14.- Resultados parámetros de relieve

Parámetros morfométricos de relieve micro-cuenca del Cutilcay		
Descripción	Unidades	Valor
Pendiente promedio de la cuenca	%	50,12
Pendiente media del cauce	%	19,41

El análisis de la curva hipsométrica (Ilustración 15) es una forma de evaluar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca. La gráfica resultante de la curva indica que se trata de una micro-cuenca joven en transición a madura (entre una etapa de equilibrio y una cuenca erosionada de valle), sujeta a procesos erosivos constantes, característico de zonas geológicamente antiguas localizadas principalmente en lugares próximos a las desembocaduras de los ríos.

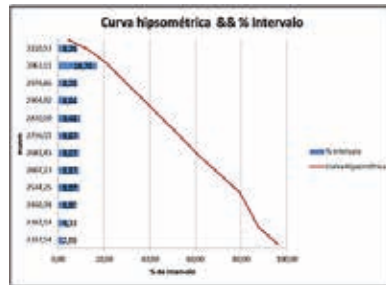


Ilustración 15.- Curva hipsométrica

### Caracterización red hídrica

Los tiempos de concentración muy bajos en torno a 0,01 minutos, refuerzan las hipótesis anteriores e indican que la cuenca está sujeta a fuertes procesos erosivos en los primeros tramos hídricos, pero con tendencia a la estabilización en las partes bajas de la cuenca (Tabla 15). Esto se puede apreciar gráficamente con la modelización del perfil longitudinal de la cuenca, la curva hipsométrica y la relación por densidad de bifurcación, que según (Strahler, 1957), los valores típicos de relación de bifurcación están entre 3 y 5 para cuencas con variaciones considerables en sus características geo-ecológicas. Índices bajos suelen relacionarse con redes fuertemente ramificadas, que repercuten directamente ante fuertes precipitaciones en ondas de crecidas rápidas.

Tabla 15.- Resultados de orden hídrico según Strahler

Parámetros morfométricos de la red hídrica micro-cuenca del Cutilcay		
Descripción	Unidades	Valor
Longitud del cauce principal	km	4,60
Densidad del drenaje	factor	5,49
Tiempo de concentración	minutos	0,01

La red hídrica tiene un orden de 4 en la escala de niveles de Strahler/Horton (Tablas 15, 16), que corresponde a la mayoría de las cuencas alto andinas, deduciéndose que geomorfológicamente se trata de una cuenca relativamente joven en transición a madura, y dinámica en cuanto a sus procesos hidrológicos.

Tabla 16.- Resultados índice de bifurcación

Parámetros morfométricos cuenca del Cutilcay		
Orden	#	Índice bifurcación
1	99	2,15
2	46	1,53
3	30	1,36
4	22	22

Una densidad de drenaje de 5,49 muestra que es una cuenca bien drenada, hecho directamente relacionado con la alta ramificación de la red de drenaje (Tabla 15). También está asociada con los materiales componentes de la micro-cuenca, materiales erosionables, suelos impermeables con pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.

Finalmente, a medida que los parámetros asociados al sistema de drenaje de la micro-cuenca son de mayor magnitud, es de esperar que el tiempo de concentración (Tabla 15) tienda a ser menor con la consiguiente mayor capacidad de producción de caudal superficial.

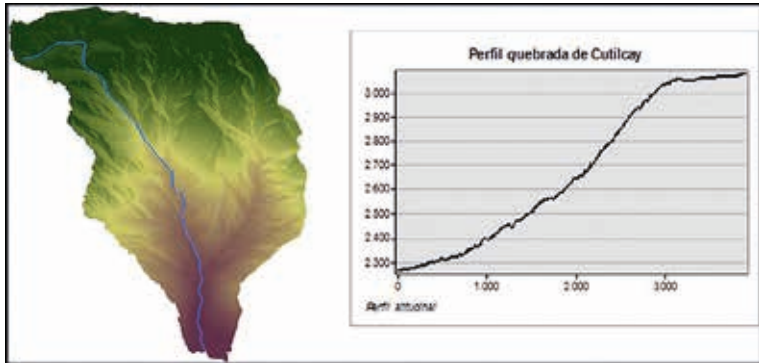


Ilustración 16.- Perfil y vista frontal del cauce principal

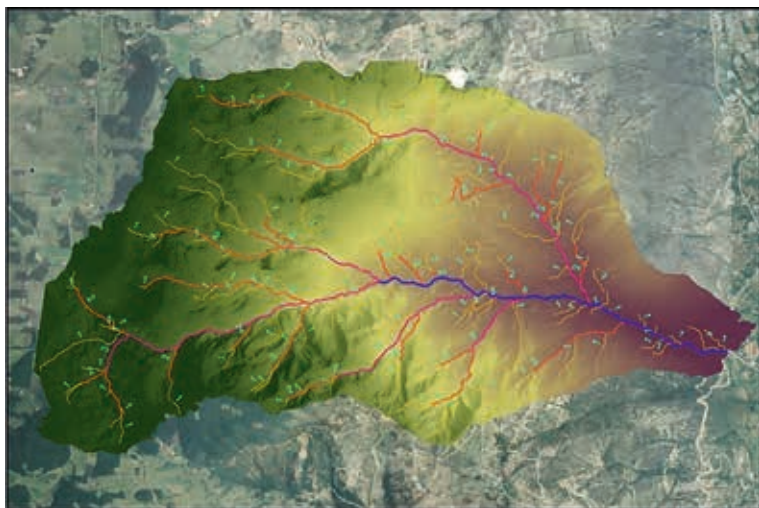


Ilustración 17.- Gráfica del orden hídrico de la cuenca

En la Ilustración 16, el perfil refleja gráficamente la capacidad erosiva del río en sus partes principales (superior y media), mientras que la estructura de red y orden obtenido (Ilustración 17), muestran una red de tipo dendrítica, con muchas ramificaciones.

## 6. Conclusiones

La información básica del relieve de una cuenca, sub-cuenca o micro-cuenca hidrográfica, obtenida mediante metodologías analítico-descriptivas permite a quienes trabajan en proyectos relacionados con el uso de los recursos naturales el manejo integrado de cuencas, estudios sobre impacto ambiental, degradación de suelos, deforestación, conservación de los recursos hídricos etc., y contar con los insumos necesarios para el análisis y generación de los parámetros necesarios para determinar el comportamiento dentro de estas unidades hidrográficas. Estos procesos tienen un fuerte componente espacial y el empleo de los SIG es de mucha utilidad, siendo los MDT y sus derivados un componente principal para el análisis.

Destaca la importancia de contar con una descripción cuantitativa y precisa de las geo-formas para realizar los análisis que permitan expresar en forma numérica las propiedades geométricas de la micro-cuenca y además de elementos que sirvan de base para comprender su evolución y dinámica basal, además de evaluar su funcionamiento y tendencias en cuanto de su régimen hidrológico. En este aspecto, la tecnología LiDAR permite obtener más y mejores detalles para la representación a gran escala de la información geográfica. Sin embargo, se trata de un proceso más laborioso desde el punto de

vista del procesado en gabinete y demanda recursos computacionales que justifican la obtención de resultados cualitativos y cuantitativos más precisos y con mucho mayor nivel de detalle.

A partir de este trabajo surge por primera vez en el área un análisis morfológico de micro-cuencas que servirá para futuros estudios hidrológicos y para planes de manejo del agua en la zona usando datos LiDAR. Los resultados se asumen más precisos que los existentes hasta el momento, aunque se requieren estudios más detallados junto con una validación de campo exhaustiva. Adicionalmente los resultados constataron que la escorrentía sigue el comportamiento de la topografía, mientras que el análisis morfométrico advierte que es una zona compleja, con dificultades para evacuar volúmenes importantes de agua debido a su topografía. También presenta una gradiente general pronunciada, que asociada a los parámetros obtenidos, denotan un alto grado de erodabilidad.

Los parámetros generados proporcionaron información sobre la dinámica espacio temporal del caudal hídrico en la cuenca. Así, la densidad de la red de drenaje manifiesta la capacidad de entalle de los cauces fluviales y el equilibrio dinámico del sistema acorde con sus condicionantes hidrológicas, geomorfológicas y topográficas.

Las propiedades morfométricas generadas, apoyadas con datos LiDAR, aportan un marco referencial a efectos de definir la escala espacial de las investigaciones en ecología fluvial. Definiendo la cuenca hidrográfica como unidad de investigación y las propiedades morfométricas de los sistemas fluviales, como marco de referencia para un proceso de ordenación territorial, en donde la política



nacional para el ordenamiento territorial, ya menciona como lineamiento principal el enfoque eco-sistémico de cuencas en el Ecuador.

El análisis geoespacial logrado con SIG, como herramienta de apoyo, constituyó un aporte esencial para ilustrar las variables que actúan a una misma escala espacial y altitudinal sobre la extensión de la red de drenaje y dinámica hídrica. Por último, la integración de los parámetros morfométricos en cuencas hidrográficas se considera un aporte significativo y relevante para la consolidación y desarrollo de planes de ordenación territorial.

## **Bibliografía**

- Bakula, K., Dominika, W. y Ostrowski, W. 2014. Verification and improving planimetric accuracy of airborne laser scanning data with using photogrammetric data. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-3/W1: 21 - 26.
- Baltsavias, E.P. 1999. A comparison between photogrammetry and laser scanning. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 54 (2): 83 - 94.
- Beven, K.J. y Kirkby, M.J. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. Hydrological Sciences Journal, 24 (1): 43 - 69.
- Chow, V.T., Maidment, D.R. y Mays, L.W. 1994. Hidrología aplicada. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

- Felicísimo, A.M. 1994. Modelos Digitales del Terreno: Introducción y aplicaciones en las ciencias ambientales. Oviedo: Pentalfa.
- García Ruiz, J.M., Gómez Villar, A. y Ortigosa Izquierdo, L.M. 1987. Aspectos dinámicos de un cauce fluvial en el contexto de su cuenca: el ejemplo del río Oja. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología. Zaragoza: Consejo Superior de Investigaciones Científicas - CSIC Press.
- Gaspari, F.J., Senisterra, G.E., Delgado, M.I., Rodríguez Vagaría, A.M. y Besteiro, S.I. 2009. Manual de manejo integral de cuencas hidrográficas. Gaspari. La Plata: 321.
- Höhle, J. y Höhle, M. 2009. Accuracy assessment of digital elevation models by means of robust statistical methods. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 64 (4): 398 - 406.
- Höhle, J. y Øster Pedersen, C. 2010. A new method for checking the planimetric accuracy of Digital Elevation Models data derived by Airborne Laser Scanning. En N.J. Tate y P.F. Fisher, eds., Accuracy 2010. Proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences. Leicester, Uk: University of Leicester, 253 - 256.
- Höhle, J. y Potuckova, M. 2011. Assessment of the quality of digital terrain models. Official Publication. Amsterdam, The Netherlands: European Spatial Data Research.
- Horton, R.E. 1932. Drainage-basin characteristics. Transactions, American Geophysical Union, 13: 350 - 361.
- Horton, R.E. 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56 (3): 275 - 370.

- Jardí, M. 1985. Forma de una cuenca de drenaje. Analisis de las variables morfométricas que nos la definen. Revista de Geografía, 19: 41 - 68.
- Jones, A.F., Brewer, P.A., Johnstone, E. y Macklin, M.G. 2007. High-resolution interpretative geomorphological mapping of river valley environments using airborne LiDAR data. Earth Surface Processes and Landforms, 32 (10): 1574 - 1592.
- Kirpich, Z.P. 1940. Time of concentration for small agricultural watersheds. Civil Engineering, 10 (6): 362.
- Kraus, K. y Pfeifer, N. 1998. Determination of terrain models in wooded areas with Airborne Laser Scanner data. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 53 (4): 193 - 203.
- Kraus, K. y Pfeifer, N. 2001. Advanced DTM generation from LiDAR data. International Archives Of Photogrammetry Remote Sensing And Spatial Information Sciences, 34 (3/W4): 23 - 30.
- Liu, X., Zhang, Z., Peterson, J. y Chandra, S. 2007. LiDAR-derived high quality ground control information and DEM for image orthorectification. Geoinformatica, 11 (1): 37 - 53.
- De Llano, F. y Mintegui Aguirre, J.A. 1986. Hidrología de la superficie-TI.
- Meng, X., Currit, N. y Zhao, K. 2010. Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review of critical issues. Remote Sensing, 2 (3): 833 - 860.
- Metternicht, G., Hurni, L. y Gogu, R. 2005. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. Remote Sensing of Environment, 98 (2): 284 - 303.

- Montgomery, D.R., Dietrich, W.E. y Sullivan, K. 1998. The role of GIS in watershed analysis. En S.N. Lane, K.S. Richards y J.H. Chandler, eds., *Landform Monitoring, Modelling and Analysis*. 1st (eds.). Wiley, 466.
- Moreno Brotóns, J., Alonso Sarría, F., Gomariz Castillo, F. y Alonso Bernardo, D. 2010. Análisis y validación de modelos digitales de elevaciones mediante datos LiDAR. En J. Ojeda, M.F. Pita y I. Vallejo, eds., *Tecnologías de la Información Geográfica: La Información Geográfica al servicio de los ciudadanos*. Sevilla: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla, 254 - 271.
- Nelson, A., Reuter, H.I. y Gessler, P. 2009. DEM production methods and sources. *Developments in Soil Science*, 33: 65 - 85.
- Patton, P.C. y Baker, V.R. 1976. Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic controls. *Water Resources Research*, 12 (5): 941 - 952.
- Scheidegger, A.E. 1991. *Theoretical Geomorphology*. Berlín: Springer.
- Shapiro, S.S., Wilk, M.B. y Chen, H.J. 1968. A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63 (324): 1343 - 1372.
- Splinter, D.K., Dauwalter, D.C., Marston, R.A. y Fisher, W.L. 2011. Watershed morphology of highland and mountain ecoregions in eastern Oklahoma. *Professional Geographer*, 63 (1): 131 - 143.
- Strager, M.P., Fletcher, J.J., Strager, J.M., Yuill, C.B., Eli, R.N., Todd Petty, J. y Lamont, S.J. 2010. Watershed analysis with GIS: The watershed characterization and modeling system software application. *Computers & Geosciences*, 36 (7): 970 - 976.

- Strahler, A.N. 1952. Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63 (11): 1117 - 1142.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Civil Engineering, 101: 1258 - 1262.
- Suárez, J., Ontiveros, C., Smith, S. y Snape, S. 2005. Use of airborne LiDAR and aerial photography in the estimation of individual tree heights in forestry. Computers & Geosciences, 31 (2): 253 – 262.
- Tarolli, P. y Dalla Fontana, G. 2007. Analysis of the headwater basins' morphology by high resolution LiDAR-derived DTM. Proceedings of the 5th International Symposium on Mobile Mapping Technology. Padova, Italy, 2007.
- Wani, S.P. y Garg, K.K. 2009. Watershed management concept and principles. Best-bet Options for Integrated Watershed Management. ICRISAT Patancheru, Andhra Pradesh, India, 2009: 1 - 11.
- Wu, J., Ma, H. y Li, Q. 2008. Least squares matching with airborne LiDAR data for strip adjustment. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37 (Part B3b): 167 - 172.



<http://www.eltiempo.com.ec/noticias-cuenca/134241-las-la-neas-de-buses-se-mantienen-esta-semana/>

# **REFLEXIONES SOBRE LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN MUNICIPAL DEL TRANSPORTE PÚBLICO EN CUENCA**

**Hermida Palacios, Carla**

Candidata a Doctora en Arquitectura y Estudios  
Urbanos de la Universidad Católica de Chile

Docente en la Universidad del Azuay

(Cuenca-Ecuador)

cmhermida@uc.cl

chermida@uazuay.edu.ec

## Resumen

En la década del 90 las ciudades latinoamericanas experimentaron la necesidad de propiciar un desarrollo sustentable. Es así que asumieron un rol como protagonistas del desarrollo. En este contexto, Cuenca en el año 1999 solicitó la transferencia de competencias de planificación y regulación del tránsito y el transporte que anteriormente ejercía el Estado. A partir de entonces inició un proceso de maduración y fortalecimiento, el cual arrancó con el Plan de Tráfico Sustentable. La implementación de este plan a lo largo de los años posteriores estuvo afectada por diversos factores de índole social, político e institucional, que determinaron que partes del plan se ejecuten pero que otras queden inconclusas. Una década después de asumidas las competencias se iniciaron los estudios de pre-factibilidad para la implementación de un sistema de tranvía cuyas obras arrancaron en el año 2013. Este ensayo pretende reflexionar sobre este proceso, exclusivamente en lo que respecta al transporte público de pasajeros.

**Palabras clave:** Plan de Tráfico Sustentable, transporte público, tranvía de Cuenca.

## **Abstract**

In the 90's, Latin American cities experienced the need to promote sustainable development. So they took a role as protagonists of development. In this context, Cuenca in 1999 requested the transference of the transport planning and regulation competences previously exercised by the State. Thereafter, a process of maturation and strengthening began, which started with the Sustainable Traffic Plan. The implementation of this plan over the subsequent years was affected by different social, political and institutional factors that determined that some parts of the plan could not be concluded. A decade after assuming these competences, the pre-feasibility studies for the implementation of a tram system started, the construction of this project began in the year 2013. This essay intends to reflect on this process, exclusively in regard to public passenger transport.

**Keywords:** Sustainable Traffic Plan, public transport, tramcar of Cuenca.



## 1. Introducción

El presente trabajo es parte del proyecto de investigación que se encuentra en desarrollo para la tesis doctoral en Arquitectura y Estudios Urbanos en la Universidad Católica de Chile, titulado: *Movilidad y planeamiento urbano, diálogos y monólogos. El caso de Cuenca-Ecuador (1999-2013)*. Constituye además una adaptación de la ponencia: *El Municipio de Cuenca como planificador del transporte público: primeros quince años*, presentada en el III Encuentro Iberoamericano de Movilidad Urbana Sostenible llevado a cabo en Lima en noviembre de 2013.

A continuación se hará una corta exposición y reflexión sobre la planificación y gestión del transporte público durante estos últimos 15 años que ha estado en manos del Municipio de Cuenca. Si bien las competencias de tránsito y transporte abarcan numerosos temas, para efectos de este ensayo se abordará únicamente el transporte público. Para ello se han utilizado dos tipos de fuentes: documental y entrevistas semi-estructuradas.

Para comprender el contexto vale la pena recordar que en las últimas décadas del siglo anterior las ciudades pasaron a ser protagonistas del desarrollo, dejando a un lado el rol de administradoras de los recursos estatales. Surgió como expresa Ordeig (2004) un “relanzamiento de las ciudades”. Las ciudades fueron desarrollando mecanismos para empoderarse y obtener autonomía frente a los gobiernos nacionales. En el caso ecuatoriano, el tránsito y el transporte fue uno de los ámbitos en los

cuales los gobiernos locales vieron la necesidad de asumir las competencias para evitar un largo divorcio que había existido con la planificación urbana. Por un lado el municipio realizaba sus planes urbanos y por otro el Estado a través de varias instituciones regulaba y planificaba el tránsito y el transporte.

Es por ello que en 1999 Cuenca solicita la transferencia de las competencias de planificación y regulación del tránsito y el transporte, iniciándose así una nueva etapa en lo que a transporte urbano se refiere.

## **2. Orígenes de la planificación del transporte público por parte del Municipio de Cuenca**

Con la finalidad de entender el proceso de Cuenca es necesario revisar algunos antecedentes a nivel nacional. En 1993 Quito asumió las competencias de planificación y regulación del tránsito y el transporte que ejercía el Estado, evidenciándose resultados positivos en la materia. Con la experiencia de lo sucedido en Quito, en septiembre de 1997 se expide la *Ley Especial de Descentralización del Estado y Participación Social*, en la cual se autorizó a los municipios, pero no de manera obligatoria, a planificar y regular los medios de transporte público (Ley Especial de Descentralización del Estado y Participación Social, 1997). Bajo este paraguas legal, unos pocos municipios además de Quito asumieron las responsabilidades de planificación y regulación del tránsito y el transporte terrestre: Cuenca, Ambato, Ibarra, Loja y Manta.

Al igual que la mayor parte de las ciudades latinoamericanas, Cuenca para finales del siglo anterior

estaba servida por un sistema de transporte público de deficiente calidad. Entre otras cosas los conductores se disputaban los pasajeros, las unidades eran de mala calidad, y no existía una planificación en el otorgamiento de rutas y frecuencias. Este era un sistema heredado desde las décadas del 60-70 en las cuales “se consolidó en todo el Ecuador un sistema de transporte público basado en el pequeño propietario” (Chauvín, 2007, pág. 64).

Para 1999 Cuenca contaba en cuanto a transporte público urbano de autobuses con 3 tipos de servicios: a) el popular, unidades entre 15 y 30 años, que constituían el 62.6% de la flota, b) el ejecutivo, unidades entre 4 y 15 años de antigüedad, y c) el selectivo, con autobuses menores a 4 años. Estas 664 unidades servían en 31 rutas urbanas de las cuales 27 ingresaban al centro histórico (PADECO Co. Ltd., 1999). Las operadoras de transporte también se veían afectadas por la mala planificación y servicio, ya que su prestación implicaba altos costos debido a la mala operación de las unidades y a la paulatina pérdida de pasajeros.

Fue en la alcaldía del arquitecto Fernando Cordero que empezaron a germinar las ideas para mejorar esta situación que afectaba a toda la ciudadanía. Es así que en 1999 Cuenca recibió las competencias de planificación y regulación del tránsito y el transporte, convirtiéndose en el segundo municipio ecuatoriano en asumirlas después de Quito. No obstante, tal como señalaba la *Ley Especial de Descentralización del Estado y Participación Social* de 1997 y la *Constitución* de 1998, no se le entregaron las competencias ni de control ni de registro. Las primeras quedaron en manos de la Policía Nacional y las segundas en la Dirección Nacional de Tránsito. Esto resulta un

hecho interesante para el análisis ya que es justamente el control y el registro lo que genera ingresos; es decir que el municipio asumió las competencias de planificación y regulación sin transferencia de recursos.

Parainiciarestasnuevasfunciones,administrativamente se creó la Unidad Municipal de Tránsito - UMT. En el ámbito legal, en mayo de 1999 se aprobó la *Ordenanza de Planificación, Organización y Regulación del Tránsito y Transporte Terrestres para Cuenca*; y en el ámbito técnico se contrató la realización del *Plan de Tráfico Sustentable*, el cual se elaboró entre los años 1999-2001. Estudio que fue desarrollado con un crédito no reembolsable del Banco Interamericano de Desarrollo bajo la responsabilidad de la consultora internacional PADECO.

El *Plan para un Sistema de Tráfico Sustentable* proponía en su parte medular recomendaciones a corto y mediano plazo. En el caso de las recomendaciones que el estudio hacía a corto plazo, eran cambios que podían hacerse en uno o dos años sin mayores inversiones. Por ejemplo: el mejoramiento de la operación, de la flota, de la administración del tráfico dentro del centro histórico, entre otros. Las recomendaciones a mediano plazo consistían en la propuesta de una red integrada de transporte que tenía como elementos básicos: dos terminales de integración, rutas troncales, rutas alimentadoras y rutas convencionales.

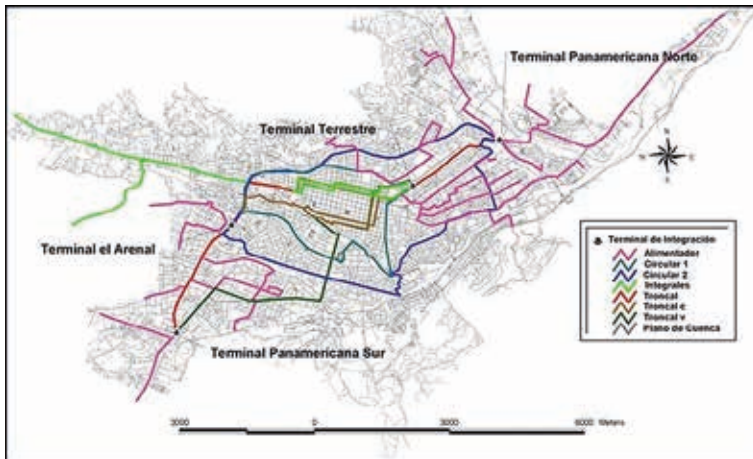


Figura 1: Propuesta de red integrada de transporte para Cuenca-Ecuador, 1999-2001

Fuente: Plan para un Sistema de Tráfico Sustentable para una Ciudad Piloto, Cuenca-Ecuador, 1999-2000

Los datos que se obtuvieron para el estudio son relevantes ya que la ciudad no contaba con ellos anteriormente. Este plan dio paso a la mejora del servicio en temas como:

- a) La renovación de la flota, ya que actualmente se autoriza únicamente la operación de unidades de hasta 10 años de fabricación.
- b) La reducción de la flota, ya que al inicio de la gestión del transporte por parte del municipio eran 664 unidades las cuales fueron reducidas a 445 de mayor capacidad.
- c) La conformación de la Cámara de Transporte Urbano de Cuenca en el año 2000 como ente que aglutina a las 7 empresas de transporte urbano. Esto facilitó la

aplicación de varias medidas tales como el sistema integrado de recaudo, implementado en enero de 2009, conjuntamente con el sistema de pago por tarjeta electrónica. Cuenca fue la primera ciudad del Ecuador en utilizarla.

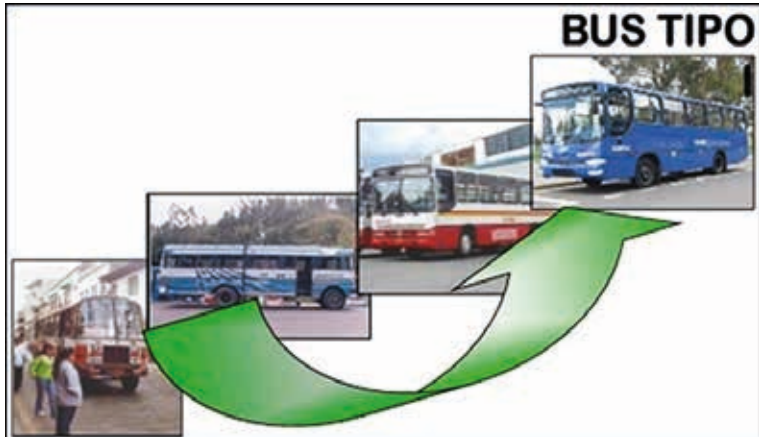


Figura 2: Renovación de la flota

Fuente: presentación de la Secretaría de Movilidad del 27 de junio de 2013 al Concejo Cantonal

- d) Las mejoras en la administración del tráfico en el centro histórico, como por ejemplo la implantación del sistema de estacionamiento rotativo tarifado, la creación de carriles exclusivos para transporte público en dos vías importantes y la implementación de un sistema semafórico adaptativo
- e) La construcción de los terminales de transferencia iniciada en junio de 2009 y cuyas primeras pruebas de funcionamiento se realizaron en agosto 2013.



Fotografía 1: Sistema de estacionamiento rotativo tarifado  
Fuente: archivo personal (2004)

Fotografía 2: Carril exclusivo para bus en la calle Vega Muñoz  
Fuente: archivo personal (2004)



Fotografía 3: Terminales de transferencia sector noreste y suroeste  
Fuente: [www.eltiempo.com.ec](http://www.eltiempo.com.ec)

Como se puede observar de los resultados positivos alcanzados, ha sido sumamente importante la participación de los operadores de transporte en este proceso. Demostrándose que la participación activa de los actores en los procesos de cambio es fundamental. I. Quizhpe quien fue el primer presidente de la Cámara de Transporte contaba: "...debíamos nosotros organizarnos para trabajar conjuntamente con la municipalidad en sacar adelante la actividad del transporte" (I. Quizhpe, entrevista personal, 20 de noviembre 2014).

### 3. Principales dificultades encontradas

Miralles Guasch señala "... el diseño de políticas de transporte urbano y la consiguiente construcción de infraestructuras son siempre elementos contextuales; no son conjuntos aleatorios de acontecimientos, sino que son exponentes de diferentes agentes o actores encajados en el espacio y el tiempo y que actúan en un contexto social específico" (Miralles-Guasch, 2002, pág. 25). En el caso de estudio esto se ha podido evidenciar a través de algunas dificultades sociales, políticas e institucionales que demuestran que el tema va más allá de lo técnico e ingenieril al momento de la implementación de proyectos de transporte.

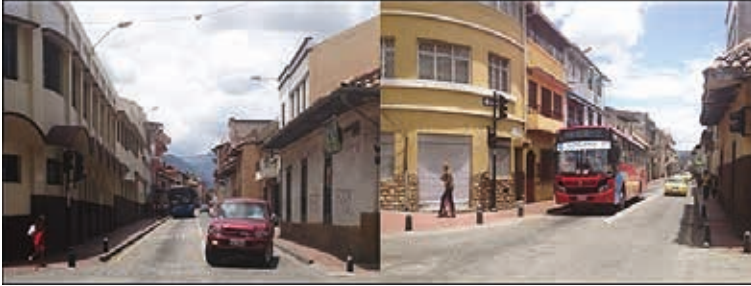
#### 3.1. Dificultades sociales

Si bien el *Plan de Tráfico Sustentable* estaba diseñado para mejorar el sistema de transporte público urbano de autobús, el cual era utilizado en ese entonces por el 58% de la población cuencana, la resistencia al cambio por parte de los ciudadanos afectó varios procesos. Se pueden citar algunos ejemplos:

- La oposición en el año 2000 a la construcción del bordillo para segregar el carril derecho para circulación exclusiva de autobuses en dos vías del centro histórico. La resistencia provenía principalmente de los comerciantes cuyos negocios tenían frente a estas vías. Ellos consideraban que esta medida disminuiría sus ventas. Pero el rechazo también se manifestaba por parte de los usuarios de los vehículos privados que



se sentían afectados al no poder utilizar uno de los carriles. Los operadores del transporte, por otro lado, se oponían ya que hasta ese entonces no se había implementado el sistema integrado de recaudo y por lo tanto el bordillo no les permitía competir por pasajeros.



Fotografía 4: Carril exclusivo para bus en la calle Gaspar Sangurima  
Fuente: archivo personal (2014)

Fotografía 5: Carril exclusivo para bus en la calle Vega Muñoz  
Fuente: archivo personal (2014)

- La reacción que generó la instalación de los torniquetes en los autobuses.- La colocación de dicho dispositivo era necesaria para permitir el ingreso unitario de las personas e impedir la evasión en el pago del pasaje. Era además un paso previo a la utilización de tarjetas electrónicas y al sistema integrado de recaudo. Sin embargo, la Defensoría del Pueblo impuso una acción de protección en contra de su instalación, aludiendo al hecho de que no podía ser utilizado por personas con capacidades diferentes. En octubre de 2009 los torniquetes fueron retirados de las unidades en virtud de una orden judicial que también establecía la obligatoriedad de permitir el pago con monedas y billetes además de la tarjeta electrónica. Está acción, si bien favorecía a las personas con discapacidad, no lo hacía del todo ya que las unidades de por sí eran excluyentes por los altos escalones de acceso. La

orden judicial complicó además la operación normal del sistema ya que los conductores tuvieron que ocuparse nuevamente de la recepción del efectivo, la entrega de cambio y del control de la evasión.



Fotografía 6: Torniquete instalado en las unidades de transporte público urbano  
Fuente: eltiempo.com.ec

- La resistencia que generó la implementación del sistema de estacionamiento rotativo tarifado.- Este sistema fue concebido en 1999 para reducir el número de vehículos que ingresaban al centro histórico y de esta manera motivar y facilitar la circulación del transporte público. En un principio funcionaba mediante la colocación de un candado en las llantas de los vehículos que estacionaban en zonas prohibidas o que no pagaban la tarifa respectiva. El tema del candado generó tal rechazo que llegó inclusive a actos de violencia hacia los fiscalizadores, lo cual obligó a cambiar de sistema hacia uno mediante el cual se coloca un sello en la ventana del vehículo, anunciando al conductor que tiene una multa pendiente. Esta modalidad está vigente hasta la actualidad, sin embargo no ha logrado ser efectiva, existe cerca de un 20% anual de multas pendientes de pago, reduciéndose así la posibilidad de nuevas inversiones.

Al respecto de la eliminación del candado, el ex concejal Luis Cuesta considera que este tema generó además un conflicto político, que “llevó a una demanda de nulidad de dicho contrato impulsada desde el mismo Concejo Cantonal” (L. Cuesta, entrevista personal, 23 de diciembre de 2014).



Fotografía 7: Candado que se colocaba en las unidades por parte del SERT  
Fuente: eltiempo.com.ec

### 3.2. Dificultades políticas

Gakenhemier (2011) menciona que lo interesante y positivo de los grandes proyectos de transporte, es que se ha demostrado en varias ciudades del mundo que tienen continuidad aun cuando existe un cambio político. No obstante, en el caso de Cuenca el peso y la visión política han sido determinantes en la planificación y han presentado obstáculos en la concreción de proyectos debido a la falta de continuidad y al rechazo de propuestas por parte de partidos opositores. Situación que se demostró a lo largo de las entrevistas que se realizaron, indistintamente del período al cual representaban los entrevistados.

Es difícil lograr continuidad cuando existen cambios de administraciones en las alcaldías cada 4 – 5 años. En el caso de los proyectos de transporte esto es evidente. En la primera administración municipal que analiza este ensayo, es decir entre 1996 y 2004, que constituye la alcaldía de Fernando Cordero, se arrancó con el *Plan de Tráfico Sustentable* que apuntaba a una red de transporte público de buses. En la segunda administración del período de estudio, aquella entre 2005 y 2009, presidida por el alcalde Marcelo Cabrera, se le dio mucha importancia al proyecto de la vía perimetral norte con características de autopista. Finalmente en la tercera administración del período de estudio, la del alcalde Paúl Granda, entre 2009-2014, se puso todo el esfuerzo en el proyecto tranvía.



Fotografía 8: Autobus que opera en las troncales SIT  
Fuente: eltiempo.com.ec



Fotografía 9: Prototipo de tranvía instalado en Cuenca  
Fuente: radiohuancavilca.com.ec

### 3.3. Dificultades de coordinación

Además de los problemas mencionados en los párrafos anteriores se encuentra la brecha existente entre la planificación urbana y la planificación del transporte

público. Los equipos trabajan de manera descoordinada. Los planes urbanos son preparados por equipos de profesionales que son funcionarios del I. Municipio de Cuenca, mientras que los principales estudios y proyectos de transporte han sido desarrollados por empresas consultoras externas, casi siempre extranjeras.

Por otro lado, la coordinación entre los departamentos municipales que se encargan de estas actividades ha sido complicada. Se mencionaba a lo largo de algunas entrevistas realizadas que desde la creación de la UMT, al momento de asumir las competencias de planificación del transporte por parte del Municipio, se implantó como una entidad aislada a la Dirección de Planificación. María Muñoz, quien en ese entonces laboraba en la Dirección de Planificación veía a la UMT como “una isla porque se puso a trabajar en un plan de tránsito y transporte que recogía en gran medida los temas de diagnóstico sobre todo de la población, pero no se empató nunca con una propuesta de ciudad” (M. Muñoz, entrevista personal, 23 de noviembre del 2014). Por otro lado Diego Astudillo, quien trabajaba como técnico en la UMT cuando ésta se creó expresaba: “cuando recién se implementó esta unidad a las personas se les veía como extraterrestres” (D. Astudillo, entrevista personal 24 de noviembre de 2014).

Esta descoordinación entre el departamento de planificación y el de transporte ha llevado a situaciones en las cuales los afectados son los ciudadanos, tal como relataba un ex - técnico de la DMT: “Hay unas urbanizaciones que tienen alrededor de 400 viviendas, sin embargo nunca se tuvo previsto el acceso de buses porque la calzada es de un tipo para vehículo liviano [...] luego las personas que no tienen vehículo solicitan transporte

público y no podemos acceder porque simplemente las vías no tienen las condiciones” (s.n., entrevista personal, 19 de noviembre de 2014).

#### **4. Recientes transformaciones institucionales**

A nivel nacional se puede decir que la Asamblea Constituyente en el año 2008 marcó un giro en la planificación. La nueva Constitución propicia la sustentabilidad social y ambiental y la descentralización. En este contexto, en agosto de 2010 se suscribe a nivel nacional el *Código Orgánico de Organización Territorial Autonomía y Descentralización*- COOTAD, el cual señala numerosas directrices para la planificación y administración municipal; entre ellas la obligatoria transferencia de competencias de planificación, regulación y control del tránsito y el transporte terrestre a todos los municipios. En mayo de 2012 Cuenca se convierte en el primer municipio a nivel nacional en asumir la totalidad de las funciones de tránsito y transporte, 13 años después de haber iniciado con la planificación y regulación.

Para prepararse para la recepción de estas nuevas obligaciones, así como para poder llevar a cabo un proyecto de gran envergadura como el tranvía, el Concejo Cantonal autorizó en diciembre de 2009 la creación de la Secretaría de Movilidad como una de las cinco secretarías a nivel de gobierno local, y la UMT se transformó en Dirección Municipal de Tránsito - DMT. Posteriormente en abril de 2010 se creó la Empresa Municipal de Movilidad – EMOV como órgano ejecutor, quedando la DMT como instancia planificadora. El doctor Paúl Granda, quien fue el alcalde que propició este nuevo orgánico, expresa que esta decisión buscaba darle importancia al tema de la movilidad

al ponerle en el mismo rango que las otras secretarías (P. Granda, entrevista Skype, 19 de diciembre de 2014).

Todos estos cambios se realizaron con la finalidad de contar con un aparato institucional y administrativo adecuado. No obstante, el período de transición ha implicado algunas dificultades como la superposición de competencias entre las instancias municipales responsables del transporte. Además el rol inicial de las secretarías, como entes generadores de política pública, se vio desvanecido debido a que “tanto los ciudadanos cuanto las autoridades trataban de llegar al último nivel de decisión, entonces al tratar de llegar al último nivel de decisión, las secretarías terminaron volviéndose una dirección ejecutiva más, en vez de ser un ente rector de políticas” (J. Izquierdo, entrevista personal, 10 de noviembre de 2014).

## **5. Un nuevo proyecto de transporte público: el tranvía de Cuenca**

El plan de trabajo presentado en la campaña del ex - alcalde de Cuenca, Paúl Granda, contemplaba la implementación de un sistema de transporte público cuyo eje fuera un tranvía. En los primeros años de gestión de Granda se desarrollaron los estudios de pre-factibilidad del tranvía de Cuenca por parte del equipo técnico municipal. Posteriormente a través de una donación del gobierno francés se contrataron los estudios de factibilidad para el *Plan de Transporte Masivo para Cuenca: Tranvía de los Cuatro Ríos*, que fueron elaborados por la empresa francesa Artelia-COTEBA. Finalmente los estudios complementarios y de ingeniería básica se realizaron

con un fondo no reembolsable otorgado por el gobierno ecuatoriano. Estos últimos fueron desarrollados por la empresa pública española ETS-Red Ferroviaria Vasca y entregados en el año 2012. Actualmente la obra se encuentra en construcción.

La primera línea de tranvía planteada tiene 10.2 km por sentido, es decir 21.4 km en total, y vincula de manera diagonal el extremo suroeste con el noreste de la ciudad, atravesando por el centro histórico y por otros puntos importantes como el terminal terrestre, el aeropuerto, grandes mercados y ferias. De acuerdo con la información proporcionada por la Secretaría de Movilidad, el sistema de tranvía servirá a 39 millones de viajes al año. El tiempo de recorrido en un solo sentido se prevé en 35 minutos a una velocidad comercial de 22km/h y una frecuencia de 6 minutos en hora pico (Secretaría de Movilidad, 2013).



Figura 3: Líneas propuestas para el tranvía de Cuenca

Fuente: Informe final Aretelia COTEBA

Resultó un hecho trascendental que el presupuesto municipal para el año 2013 hubiera asignado un 40% del



mismo como contraparte municipal para la implementación del tranvía. Siendo esta la primera vez en la historia de Cuenca que se destinaba un monto tan alto a un proyecto de transporte. En este sentido Kenworthy (2011) señala que la única manera de intentar que el transporte público compita efectivamente con el automóvil y emerja es contar con un periodo de fuerte inversión en el primero. No obstante, aún no se pueden evaluar resultados.

El tranvía ha sido un proyecto que ha desatado polémicas fuertes, tanto por parte de los ciudadanos como dentro del Concejo Cantonal. La ex concejal Cecilia Alvarado manifestaba: “tengo que decir que la información que nosotros recibimos del tranvía hoy día la siento cada vez más débil” (C. Alvarado, entrevista personal, 6 de enero de 2015). De igual forma se advierte que los estudios no contemplaban dentro de su contenido una planificación urbana para las áreas de influencia del tranvía. Situación que podrá llevar en un futuro a cambios urbanos importantes improvisados y caóticos. Se puede inferir por las entrevistas que al haber sido los estudios realizados por una consultora extranjera, la cual se apoyaba en un equipo local pero conformado de forma independiente no sólo de la Dirección de Planificación sino también de la Dirección Municipal de Tránsito, el tema urbano no fue abordado.

## **6. Conclusiones**

Cuenca es un ejemplo interesante de análisis como ciudad intermedia latinoamericana que asumió las competencias de planificación y regulación del tránsito y el transporte a finales del siglo anterior. A través de la

reflexión realizada se puede observar que el proceso no ha estado libre de dificultades y obstáculos. Sin embargo, si se compara la situación de la transportación pública 20 años atrás con la actual es evidente que se han dado pasos muy importantes en la materia.

Si bien de las últimas propuestas técnicas y administrativas, tales como el proyecto del tranvía y la creación de la EMOV y de la Secretaría de Movilidad, aún no podemos contar con resultados concretos, se puede inferir que existe un esfuerzo interesante de poner a la movilidad entre los temas más importantes para una administración municipal.

Por otro lado, es interesante comprobar que si bien las ciudades a finales del siglo anterior cobran un protagonismo, los modelos de desarrollo y políticas establecidas a nivel nacional continúan marcando las pautas que definen los principales hitos de cambio a nivel local.

Finalmente resulta importante recalcar la importancia de la participación ciudadana en todos los procesos de cambio. Tal como se demostró en este corto ensayo, la oposición de la ciudadanía a determinadas políticas o prácticas puede poner en riesgo la concreción de un proyecto. Situación que en el caso de Cuenca ha mejorado a partir del Plan Estratégico y posteriormente con la realización de las asambleas itinerantes de planificación tanto urbana como rural, entre varias otras medidas. Tal como expresaba Mónica Quezada en su entrevista “La planificación participativa trasciende administraciones porque se vuelve demanda ciudadana”, lo cual permitirá una mayor continuidad tanto de políticas públicas como de proyectos puntuales.

## Bibliografía

Chauvín, J. P. (2007). *Conflicto y gobierno local. El caso del transporte urbano en Quito*. Quito: Abya-Yala.

Gakenheimer, R. (2011). Land use and transport in rapidly motorizing cities: contexts of controversy. En H. Dimitriou, & R. Gakenheimer (Edits.), *Urban transport in the developing world. A handbook of policy and practice* (págs. 40-68). Cheltenham: Edward Elgar.

Kenworthy, J. (2011). An international comparative perspective on fast-rising motorization and automobile dependence. En H. Dimitriou, & R. Gakenheimer (Edits.), *Urban transport in the developing world. A handbook of policy and practice* (págs. 71-112). Cheltenham: Edward Elgar.

Miralles-Guasch, C. (2002). *Ciudad y transporte. El binomio imperfecto*. Barcelona: Ariel.

Ordeig, J. (2004). *Diseño urbano y pensamiento contemporáneo*. Barcelona: Instituto Monsa.

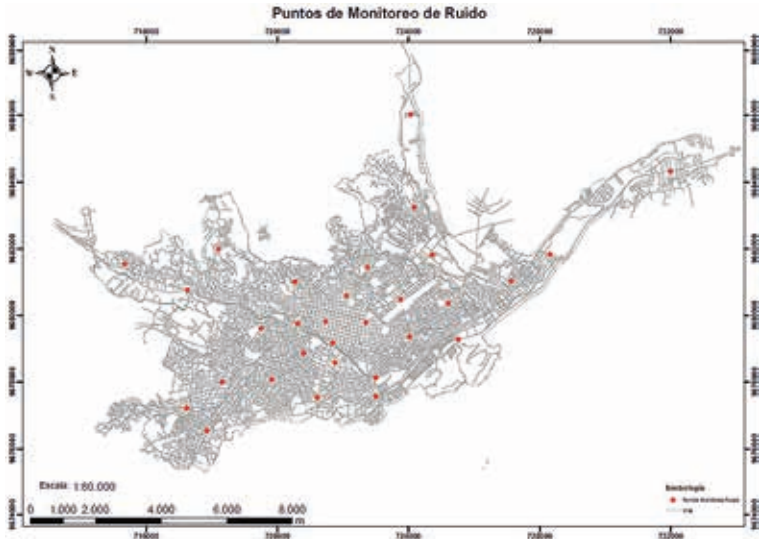
## Documentos y presentaciones

-Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (2010).

-Ley Especial de Descentralización del Estado y Participación Social. (1997).

-PADECO Co. Ltd. (1999). Plan para un sistema de tráfico sustentable para una ciudad piloto, Cuenca-Ecuador. Cuenca.

-Secretaría de Movilidad. (presentación del 27 de junio de 2013). Movilidad sustentable para Cuenca. Cuenca.



# **EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES DE RUIDO EN EL ÁREA URBANA DE CUENCA, Y ELABORACIÓN DEL MAPA DE RUIDO 2014**

**Martínez, Julia; Delgado, Omar**

Correspondencia: jumartinez@uazuay.edu.ec,  
odelgado@uazuay.edu.ec

## Resumen

Durante los años 2009, 2012 y 2014, la Universidad del Azuay conjuntamente con el GAD municipal de Cuenca, a través de la Comisión de Gestión Ambiental de Cuenca (CGA) vienen levantando información del ruido en el área urbana de la ciudad, con el propósito de evaluar el comportamiento y variabilidad de la emisiones sonoras en el tiempo.

El proceso parte del levantamiento de información en los sitios de monitoreo establecidos en el estudio del año 2012, sistematización de los datos obtenidos, con lo cual se realizó la evaluación comparativa del comportamiento del ruido en la ciudad de Cuenca en los períodos 2009, 2010 y 2014 sobre la base legal ambiental vigente (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente – TULSMA, 2014). Adicionalmente se representaron gráficamente los valores obtenidos en el año 2014, a través del mapa de ruido con la utilización del método estadístico “kriging ordinario” y el Método CadnA, que realizan una simulación del ruido con parámetros de densidad de tráfico.

Las emisiones en el año 2014 están sobre los límites máximos establecidos en el TULSMA, sin embargo con relación al año 2012 hay disminuciones en las emisiones, las cuales se asocian a las campañas de concientización realizadas desde el GAD municipal, así como por las obras de infraestructura en construcción que limitan el movimiento vehicular por algunos sitios de la ciudad.

**Palabras clave:** Emisiones, ruido, mapa, ambiente, TULSMA.

## EVALUATION OF NOISE EMISSIONS IN THE URBAN AREA OF CUENCA, AND DEVELOPMENT OF A 2014 NOISE MAP

### ABSTRACT

During 2009, 2012 and 2014, Universidad del Azuay together with the Decentralized Autonomous Government (GAD) of Cuenca, and through the Commission for Environmental Management of Cuenca (CGA) have been collecting noise data in the urban area of the city in order to evaluate the behavior and variability of noise emissions over time.

The process started with data collection from the monitoring sites established in the 2012 study, as well as from the systematization of data. With this information, it was possible to perform a comparative assessment of the noise behavior in the city of Cuenca in the 2009, 2010 and 2014 periods, based on the environmental legal framework in force (Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of Environment - TULSMA, 2014). Additionally, the values obtained in 2014 were graphically represented in noise maps using the «Ordinary Kriging» statistical method, and the CadnA method which performs noise simulation under traffic density parameters.

Emissions in 2014 were above the maximum limits set by TULSMA; however, in relation to 2012 there were reductions in emissions, which are associated with awareness campaigns conducted by the municipal GAD, and due to the infrastructure work under construction which limits traffic flow through some parts of the city.

**Keywords:** Emissions, Noise, map, environment, TULSMA.

## 1 INTRODUCCIÓN

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GAD), a través de la Comisión de Gestión Ambiental y la Universidad del Azuay (UDA), a través del Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE), desde el año 2009 han investigado el comportamiento de las emisiones sonoras en la ciudad de Cuenca. Es así que en el año 2010 se concluyó con el proyecto denominado: “Determinación del índice de calidad ambiental de la ciudad de Cuenca”, en el marco del cual uno de los indicadores utilizados fue el de las emisiones de ruido. Posteriormente en el año 2012 se elabora el mapa de ruido del área urbana de Cuenca y en año 2014 se levanta nuevamente información en los puntos de monitoreo establecidos anteriormente y se evalúa el comportamiento de las emisiones en la ciudad en los períodos: 2010, 2012 y 2014.

## 2 OBJETIVOS

El objetivo general es evaluar las emisiones de ruido en el área urbana de Cuenca y elaborar el mapa de ruido 2014, sobre la base de la información levantada durante los años 2009, 2012 y 2014.

Los objetivos específicos:

- a) Evaluación de las emisiones sonoras en la ciudad de Cuenca en tres períodos.
- b) Registro de ruido ambiente 2014 en al menos 30 sitios de monitoreo permanente.
- c) Generación del mapa de ruido 2014.

### **3 METODOLOGÍA**

El proceso seguido comprende las siguientes actividades:

1. Se parte de establecer como puntos de muestreo los treinta puntos determinados en el proyecto del año 2012.
2. Se realizan las mediciones correspondientes y se procede a la sistematización de la información.
3. Se efectúan análisis y comparaciones del comportamiento de las emisiones sonoras en los tres períodos: 2009, 2012 y 2014.
4. Sobre la base de la utilización de métodos estadísticos, se elabora el modelamiento teórico del ruido en la ciudad de Cuenca, así como también a través del método CadnA se realiza la simulación de ruido con parámetros de densidad de tráfico.

### **4 LEVANTAMIENTO DE DATOS**

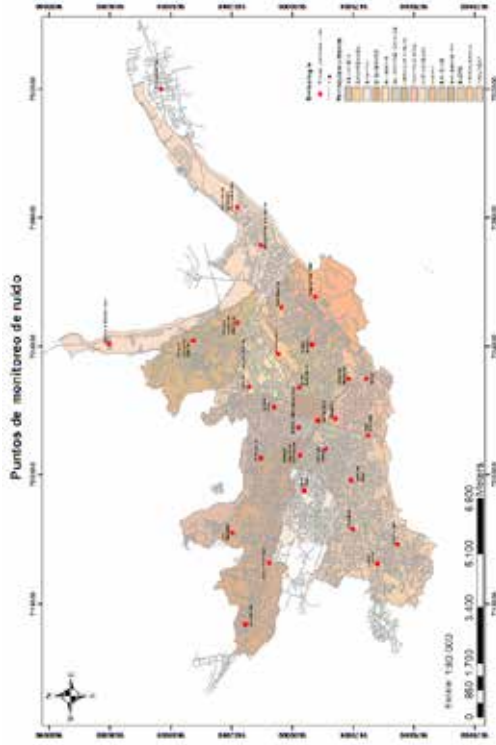
#### **4.1 Puntos de muestreo**

Con el propósito de establecer un historial de datos que nos permita realizar comparaciones y evaluar el comportamiento del ruido en estos últimos años se han mantenido los sitios de monitoreo.

Los puntos a muestrear, inicialmente se determinaron sobre la base del análisis de factores como son: el tráfico vehicular, características físicas de las vías, seguridad de la zona para mantener los equipos e instrumental necesario para el levantamiento de datos.



**Mapa N° 1.- Sitios de monitoreo 2014**



Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

**Tabla N° 1.- Sitios de monitoreo 2014**

<b>N°</b>	<b>Punto medido (sector)</b>	<b>Calle principal</b>	<b>Calle secundaria</b>
R_01	Estadio	Del Estadio	José Peralta
R_02	Gapal	Av. 24 de mayo	Las Herreñas
R_03	Aeropuerto	Av. España	Ella Liut
R_04	Tres Puentes	Primero de Mayo	Fray Vicente Solano
R_05	Frutillados (Remigio Crespo)	Remigio Crespo	Ricardo Muñoz
R_06	Hospital regional	Av. 12 de Abril	Av. del Paraíso
R_07	Challuabamba	Autopista Cuenca Azogues	Triángulo de Challuabamba
R_08	Lagunas de oxigenación	Camino a Paocha	Uoubamba
R_09	Monumento a la familia	Av. González Suárez	Panamericana Norte
R_10	Grainan	Octavio Chacón	Cornelio Vintimilla
R_11	Camal	Camino a Ochoa León	
R_12	Camino a Ochoa León	Camino a Ochoa León	
R_13	La Libertad	Camino a El Tejar	De la Ortiga
R_14	Los Cerezos Alto	De los Cerezos	
R_15	Camino a El Tejar	Av. Ordóñez Lazo	Monseñor Leonidas Proaño
R_16	Vía a Sinincay (Miraflores)	Julio Jaramillo	Vía a Sinincay
R_17	El Cebollar	Av. del Choler	Av. Abelardo J. Andrade
R_18	Hospital del IESS	Circunvalación Norte	Monay - Paocha
R_19	Plaza Bocattí	Paseo de los Cañaris	González Suárez
R_20	Col. Sagrados Corazones	Paseo Tres de Noviembre	Simón Bolívar
R_21	Feria Libre	Av. de las Américas	Remigio Crespo
R_22	Estación de servicio Trinit (Isabel La Católica)	Lope de Vega	Gaspar de Jovellanos
R_23	Indurama	Av. de las Américas	Don Bosco
R_24	Control Sur	Av. de las Américas	Circunvalación Sur
R_25	ETAPA (Gran Colombia)	Tarqui	Gran Colombia
R_26	Cristo Rey	Luis Cordero	Juan de Salinas
R_27	Chola Cuencana	Av. Huayna Cápac, Av. España	Gaspar Sangurima
R_28	Vía Baños	Juan Larrea Guerrero	Mariano Villalobos
R_29	Bajada del Centenario	Calle Larga	Benigno Malo
R_30	Totoracocha	Totoracocha	Av. el Cóndor

Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

**4.2.- Horario de muestreo.-** De igual manera que con la determinación de los sitios de muestreo, el horario establecido para los monitoreos son los mismos que se utilizaron para el proyecto del mapa de ruido del año 2012.

El horario establecido para los muestreos por día son los siguientes:

Nº de muestreos por punto	1	2	3	4	5	6
Horario	7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00

Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

Las mediciones se realizaron durante treinta días, considerando los cinco días de la semana, de lunes a viernes, en seis semanas y tomando un día por cada punto a levantar. El período de toma de datos fue de 15 minutos en cada estación en el horario indicado.

**4.3 Equipo utilizado.-** El levantamiento de la información se realizó con el sonómetro de propiedad de la Universidad del Azuay, el mismo que está compuesto de un sonómetro modelo SOUNDPRO SP-DL-2-1/3, Serie BIM020008, marca QUEST TECHNOLOGIES.

## **5 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO SONORO DE LA CIUDAD DE CUENCA**

Para la evaluación de la información sonora se procedió a compararla con los límites establecidos en la legislación nacional vigente al momento de realizar este proyecto, es

decir con el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente –TULSMA-2014.

### **5.1 Zonificación según usos del suelo del TULSMA**

Como se ha indicado los sitios de muestreo (30) son los mismos que sirvieron para la evaluación realizada en el año 2012, por lo que se procedió a verificar los estándares especificados en la legislación nacional, en el Libro VI, Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), encontrándose que éstos no han variado hasta diciembre de 2014, fecha de realización del presente proyecto. Las zonas contempladas y los límites permisibles son los siguientes:

**Tabla N° 2.- Límites permisibles según el TULSMA**

Zona Uso del suelo	NPS eq (dB(A))	
	06h00 - 20h00	20h00 – 06h00
Zona hospitalaria y educativa	45	35
Zona residencial	50	40
Zona residencial mixta	55	45
Zona comercial	60	50
Zona comercial mixta	65	55
Zona industrial	70	65

Fuente: Libro VI, Anexo 5 del TULSMA - 2014

### **5.2 Asignación de uso de suelo a los puntos de monitoreo**

Los usos de suelo asumidos fueron:

**Tabla N° 3.- Zonificación de acuerdo al TULSMA**

<b>N°</b>	<b>Punto medido (sector)</b>	<b>Tipo de uso</b>
R_01	Estadio	Comercial
R_02	Gapal	Residencial mixta
R_03	Aeropuerto	Comercial
R_04	Tres Puentes	Residencial mixta
R_05	Frutillados (Remigio Crespo)	Comercial mixta
R_06	Hospital regional	Hospitalaria y educativa
R_07	Challuabamba	Residencial
R_08	Lagunas de oxigenación	Residencial
R_09	Monumento a la familia	Residencial - industrial
R_10	Grainan	Industrial
R_11	Camal	Industrial
R_12	Camino a Ochoa León	Residencial
R_13	La Libertad	Residencial mixta
R_14	Los Cerezos Alto	Industrial
R_15	Camino a El Tejar	Residencial mixta
R_16	Via a Sinincay (Miraflores)	Residencial
R_17	El Cebollar	Residencial mixta
R_18	Hospital del IESS	Hospitalaria y educativa
R_19	Plaza Bocatti	Residencial mixta
R_20	Col. Sagrados Corazones	Hospitalaria y educativa
R_21	Feria Libre	Comercial mixta
R_22	Estación de servicio Trinití (Isabel La Católica)	Hospitalaria y educativa
R_23	Indurama	Residencial mixta
R_24	Control Sur	Residencial mixta
R_25	ETAPA (Gran Colombia)	Comercial
R_26	Cristo Rey	Residencial
R_27	Chola Cuencana	Comercial mixta
R_28	Via a Baños	Residencial
R_29	Bajada del Centenario	Comercial mixta
R_30	Totoracocha	Residencial

Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

De manera resumida, se han localizado cuatro puntos de monitoreo en zona hospitalaria y educativa, nueve puntos en zonas residenciales, siete puntos en zonas residenciales mixtas, tres en zonas comerciales, cuatro en zonas comerciales mixtas y tres en áreas industriales.

### **5.3 Comparación de los datos levantados en los años 2009 – 2012 y 2014**

La Universidad del Azuay y el GAD Municipal de Cuenca cuentan con información sonora de los años 2009, 2012 y 2014, lo que permitió la comparación del comportamiento de las emisiones sonoras en la ciudad de Cuenca en los citados períodos, para los horarios y los puntos coincidentes.

Los resultados obtenidos son:

En el período del 2009 al 2012 se observa que las emisiones sonoras en el horario de las 13h00 se incrementan en los 18 puntos de monitoreo, lo que representan el 90%. Los incrementos más representativos son los que se dan en el punto R\_14\_Cerezos\_Alto con 29,8 dB, seguido del punto R\_22\_Trinita con 21,4 dB y el sector R\_26\_Cristo\_Rey con 13,6 dB.

En el horario de las 18h00 el incremento se da en el 85% de los puntos monitoreados, con valores máximos de hasta 35,4 dB en el punto R\_14\_Cerezos\_Alto, seguido por 27,9 dB en el R\_08\_Lagunas\_oxidación y 14,2 dB en el R\_30\_Bajada\_Centenario.

**Tabla N° 4**  
**Análisis comparativo de las emisiones sonoras**  
**(2014 – 2012 – 2009)**

Cod_med	Sector	Tipo de uso	2014		2012		2009	
			13h00	18h00	13h00	18h00	13h00	18h00
R_01	Estadio	Comercial	68,1	68,4	73,2	72,7	69,1	69,4
R_02	Gapal	Residencial mixta	73,6	72,9	71,1	73	67,9	70,1
R_03	Aeropuerto	Comercial	73,9	70,7	74,1	74,5	74,2	74,6
R_04	Tres Puentes	Residencial mixta	66,8	67,6	76,5	68	69,2	68,6
R_05	Fruílados	Comercial mixta	73,5	70,7	72,4	76	62,6	72,1
R_06	Hospital regional	Hospitalaria - educativa	67,9	65,2	66,5	73,2	66,4	67,1
R_08	Lagunas de oxidación	Residencial	65,1	66,6	76,5	76,5	45,5	48,6
R_10	Grainan	Industrial	76	72,6	73,2	72,9	73	76,8
R_11	Camal	Industrial	67,4	67,4	69,9	61,8	57,1	58,5
R_14	Los Cerezos Alto	Industrial	70,5	67,9	70,8	72,5	41	37,1
R_19	Piazza Bocatti	Residencial mixta	70,6	69,8	74,6	76,3	73,4	73,5
R_20	Col. Sagrados Corazones	Hospitalaria - educativa	74	79,4	75,3	77,3	64,6	65
R_21	Feria Libre	Comercial mixta	61,3	63,5	73,1	72,9	71,9	72,1
R_22	Estacion de servicio Trinití	Hospitalaria - educativa	61,4	60	60,8	59,7	39,4	34
R_23	Indurama	Residencial mixta	72,1	73,5	74,3	77,2	76,3	76,5
R_26	Cristo Rey	Residencial	69,7	72,6	67,4	65,3	53,8	52,2
R_27	Chola Cuencana	Comercial mixta	67,6	68,5	74	71,4	69,5	68,3
R_28	Via Baños	Residencial	57	53,3	57,6	55,9	49,1	50,1
R_29	Bayada Centenario	Comercial mixta	75,5	74,4	74,4	74,3	60,9	60,1
R_30	Totoracocho	Residencial	65,6	70,3	64,1	66,8	62,9	64,2

Fuente: Información generada en el proyecto – 2014

En el período del 2012 al 2014 del análisis se puede observar que hay una disminución de las emisiones en varios puntos de monitoreo, en primer lugar se ha establecido que el 75% de los puntos muestreados disminuyen las emisiones correspondientes al horario de las 18h00. La disminución de valores llega hasta 9,9 dB en el R\_08\_Lagunas\_oxidación, el 8,9 dB en el sector de los Tres Puentes.

En el horario de las 13h00 se da una disminución de emisiones sonoras en el 60% de los puntos muestreados, los valores que se toman varían hasta en 11,8 dB en el R\_21\_Feria\_Libre, seguido por 11,4 dB en el R\_08\_Lagunas\_oxidación.

De manera inversa se puede observar un incremento de emisiones en el 25% de los sitios muestreados en el horario de las 18h00, la mayor diferencia se da en el R\_30\_Totoracocha con 6,2 dB. En el horario de las 13h00 el 40% de los sitios de monitoreo incrementan en valores que no son muy representativos, ya que la mayor diferencia es de 1,5 dB.

A continuación se presenta de manera gráfica la comparación del comportamiento de las emisiones de ruido en los treinta puntos muestreados, clasificados según el tipo de zona y comparados con los límites máximos admisibles establecidos en el TULSMA.

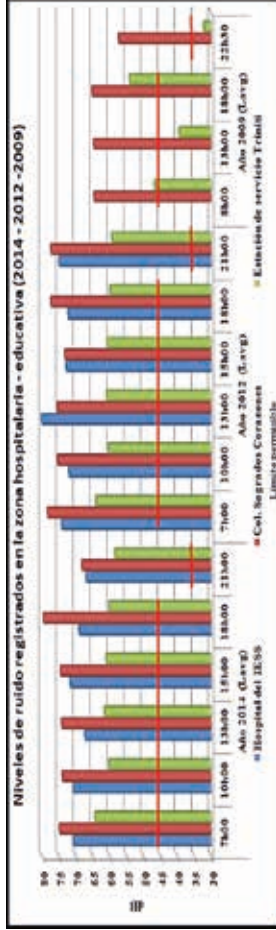


**Tabla N° 5**  
**Comparación datos – zona hospitalaria - educativa**

Cod_med	SECTOR	Año 2014 (Lavg)						Año 2012 (Lavg)						Año 2009 (Lavg)					
		7000	10000	15000	18000	21000	2400	10000	15000	18000	21000	2400	10000	15000	18000	21000	2400		
R_18	Hospital del IESS	70,5	70,6	67,2	71,5	68,9	65,8	74	71,9	94	72,7	72,2	74,8						
R_20	Col. Sagrados Corzones	74,7	73,8	74	74,4	79,4	68,1	78,2	75,2	73,1	77,3	77,3	77,3	64,50	64,60	65,00	57,20		
R_22	Estación de servicio Triana	64,2	60	61,4	60,9	60	58,3	63,9	60,2	60,8	60,6	59,7	59,2	46,70	39,40	54,00	32,00		

Fuente: Información generada en el proyecto CGA – UDA, 2009-2012-2014

**Gráfico N° 1**  
**Presión sonora – zona hospitalaria - educativa**



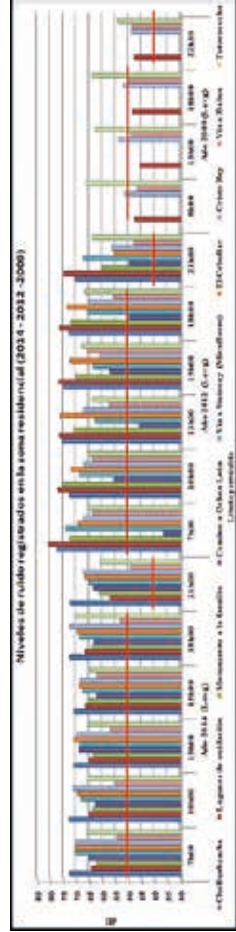
Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

**Tabla N° 6**  
**Comparación datos – zona residencial**

Cód_mud	SECTOR	Año 2014 (Limp)						Año 2012 (Limp)						Año 2009 (Limp)					
		7800	10436	13009	15588	18160	21000	7649	10869	13368	15965	18899	21805	8300	12069	16300	22833		
R_07	Cochabamba	72,6	72,8	71,1	71	72,5	72,4	71,4	72,6	73,3	75,1	72,9	70,6						
R_08	Luzerna de ocidiana	64,1	65,1	65,1	66,1	66,9	67	66,7	77,1	76,5	76,8	78,5	74,9						
R_09	Montañas a la familia	62,1	62,6	63,6	63,6	64,2	64,2	72,4	73,3	71	80,2	73,3	69,3						
R_12	Conito a Obispo Leon	62,7	62,8	69	62,7	63,3	63,5	58,6	55,8	53,8	55,1	49,8	49,7						
R_16	Via a Simcatay (Mardorero)	70,6	69,2	69,7	69,6	68,8	66,2	74,1	68,4	62,8	62,8	65,8	67,4						
R_17	El Colador	70,3	69,5	71	69	69,8	66,7	69,4	72,2	76,2	72,5	73,6	55,5						
R_26	Limbo Ray	70,3	71,2	69,7	68,4	70,8	67,4	67,4	67,3	67,4	61	63,3	56,5						
R_28	Via a Pedern	54,1	45	49	42,2	53,2	49,2	44	47,6	45,8	45,9	43,1	44,76						
R_36	Pomacocha	61,1	62,7	62,6	64,8	76,3	62,9	62,6	65,6	64,1	62,9	62,8	61						

Fuente: Información generada en el proyecto CGA – UDA, 2009-2012-2014

**Gráfico N° 2**  
**Presión sonora – zona residencial**



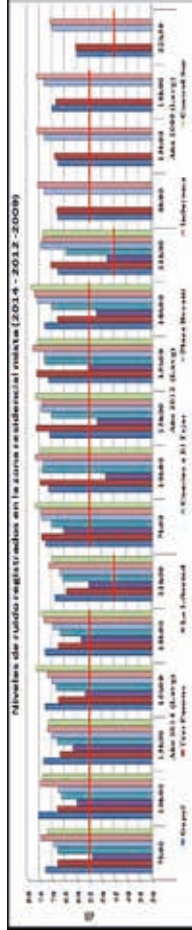
Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

**Tabla N° 7**  
**Comparación datos – zona residencial mixta**

Cod_mud	SECTOR	Año 2014 (Lavg)			Año 2012 (Lavg)			Año 2009 (Lavg)								
		7640	10600	13600	18600	21600	7800	10400	13400	15400	18600	21600	8000	13400	18600	22600
R_10	Capal	72,7	75,6	73,6	72,9	69,1	72,7	71,5	71,1	71,5	73	67,9	68,00	67,90	70,10	60,30
R_04	Tres Puentes	67,9	68	66,8	67,5	64,3	74,3	74,8	76,5	76,3	68	70,7	68,20	69,20	68,60	60,70
R_13	La Libertad	53,8	59,9	61,7	56,7	58,4	55,3	65,4	48,7	52	55,7	52,3	48			
R_15	Camino a El Tejar	68	66,4	68	68,4	66,9	65,8	70,5	74,3	70,2	73,1	70,2	64,3			
R_19	Plaza Bocan	69,6	67,8	70,6	70,1	69,8	67,1	74,3	73,9	74,6	73,5	76,5	74,7	73,50	73,90	70,10
R_23	Inbarima	74,6	74,8	72,1	72,1	73,5	71,5	74,6	76,9	74,3	78	77,2	74,2	76,00	76,90	71,10
R_24	Control Sur	72,2	74	71,6	76,6	74,5	70,1	77	74,6	76,9	76,1	78,7	73,9			

Fuente: Información generada en el proyecto CGA – UDA, 2009-2012-2014

**Gráfico N° 3**  
**Presión sonora – zona residencial mixta**



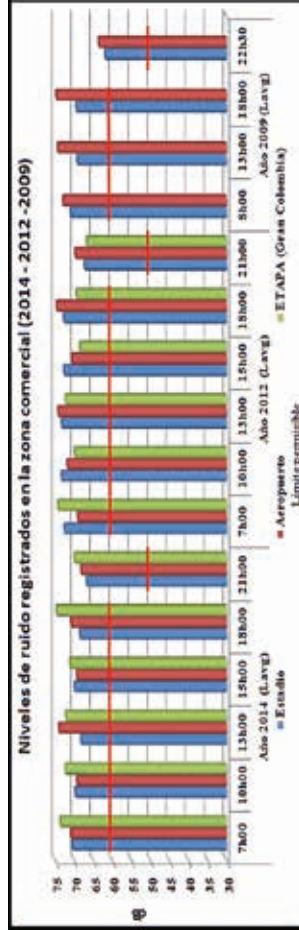
Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

**Tabla N° 8**  
**Comparación datos – zona comercial**

Cod_med	SECTOR	Año 2014 (Lays)										Año 2012 (Lays)										Año 2009 (Lays)									
		7000	10000	13000	15000	18000	21000	7000	10000	13000	15000	18000	21000	8000	13000	18000	22000	27000													
R_01	Estadio	70,4	69,6	68,1	69,8	68,4	66,6	72,5	73,2	73,2	72,6	72,7	67,2	70,90	69,10	69,40	61,50														
R_03	Aeropuerto	70,8	69,2	73,9	69,2	70,7	68,1	69	71,7	74,1	70,5	74,5	69,6	72,90	74,20	74,60	63,50														
R_25	ETAPA (Gran Colombia)	73,5	72,2	72,1	71	74,5	69,8	74,1	69,8	72,2	68,4	69,3	66,6																		

Fuente: Información generada en el proyecto CGA – UDA, 2009-2012-2014

**Gráfico N° 4**  
**Presión sonora – zona comercial**



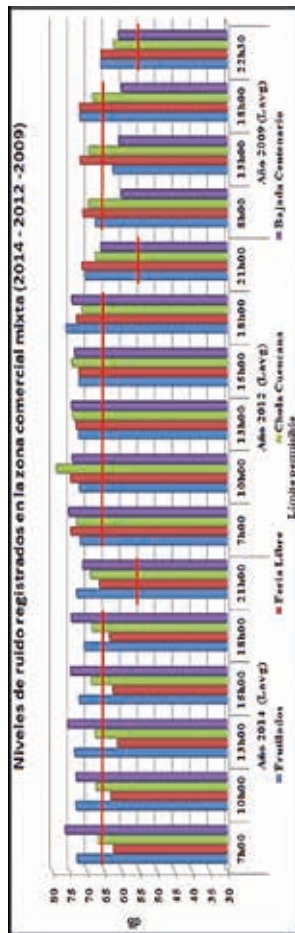
Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

Tabla N° 9  
Comparación datos – zona comercial mixta

Cod_med	SECTOR	Año 2014 (Lavg)					Año 2012 (Lavg)					Año 2009 (Lavg)					
		7000	10000	13000	15000	18000	21000	7000	10000	13000	15000	18000	21000	8000	13000	18000	22000
R_05	Ferrións	72,8	73,1	73,5	72,2	70,7	72,9	71,9	72,2	72,4	72,3	76	70,6	67,60	63,60	72,10	66,10
R_21	Feria Libre	62,4	63,2	61,3	62,6	63,5	66,4	74,5	74,6	73,1	72,3	72,9	71,4	71,10	71,90	72,10	66,00
R_27	Chula Cuencana	66,8	67,3	67,6	68,8	68,5	69	76,7	74	74,3	71,4	67,6	69,60	69,50	68,50	62,40	
R_29	Bosón Comercio	76,2	73,1	75,5	74,6	74,4	71,2	75,2	74,4	73,5	74,3	66,1	60,10	60,90	63,10	61,00	

Fuente: Información generada en el proyecto CGA – UDA, 2009-2012-2014

Gráfico N° 5  
Presión sonora – zona comercial mixta



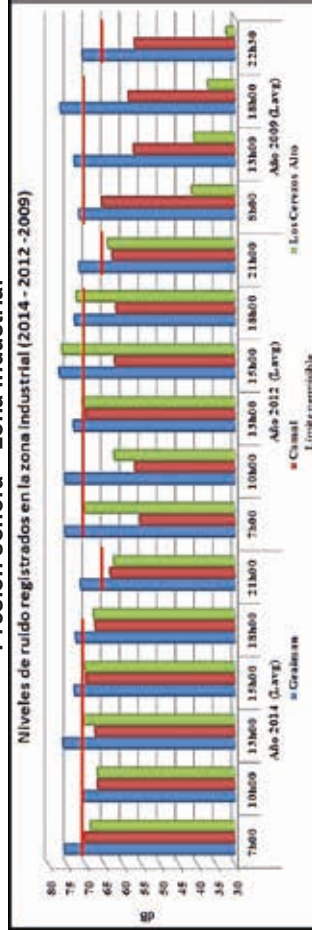
Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

**Tabla N° 10**  
**Comparación datos – zona industrial**

Cod_mud	SECTOR	Año 2014 (Lavg)					Año 2012 (Lavg)					Año 2009 (Lavg)					
		7650	10650	13300	15900	18600	21150	7600	10160	13300	15900	18800	21170	8600	13360	18800	22630
R_10	Grainan	75,6	76,5	76	73	72,6	71,3	75,4	75,5	73,2	77	72,9	71,7	71,70	73,00	76,90	70,80
R_11	Canal	70,3	66,7	67,4	69,8	67,4	63,3	55,3	56,7	69,9	62,1	61,8	65,50	57,10	58,50	56,80	
R_14	Los Cerros Alto	69,6	66,7	70,5	70	67,9	62,4	70,2	62,3	70,8	75,3	72,5	64	41,50	41,00	37,10	37,20

Fuente: Información generada en el proyecto CGA – UDA, 2009-2012-2014

**Gráfico N° 6**  
**Presión sonora – zona industrial**



Elaborado: Equipo técnico UDA – IERSE – 2014

## 6 PROCESAMIENTO DE DATOS – MAPAS DE RUIDO

### Modelamiento teórico del ruido en la ciudad de Cuenca

Sobre la base de la interpolación de los datos obtenidos se realizó la representación del comportamiento de las emisiones de ruido en el área urbana de Cuenca, a través del método denominado Kriging ordinario.

**6.1 Kriging ordinario.-** Es un método basado en la autocorrelación espacial de las variables. El Kriging es un estimador lineal insesgado que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos, asume que la media aunque desconocida, es constante y que las variables son estacionarias y no tienen tendencias; permite la transformación de los datos, eliminación de tendencias y proporciona medidas de error.

#### 6.1.1 Mapas generados

A continuación se presentan los mapas de ruido para los distintos horarios de levantamiento de datos.

De acuerdo con el mapa de ruido generado se observa que en la ciudad de Cuenca las emisiones sonoras varían desde los 57,23 dB hasta los 72,44 dB, para el horario de las 7h00. Mapa N° 2.

En el horario de las 10h00 las emisiones varían entre las mínimas de 63,23 dB y máximas de 70,82 dB. Mapa N° 3.

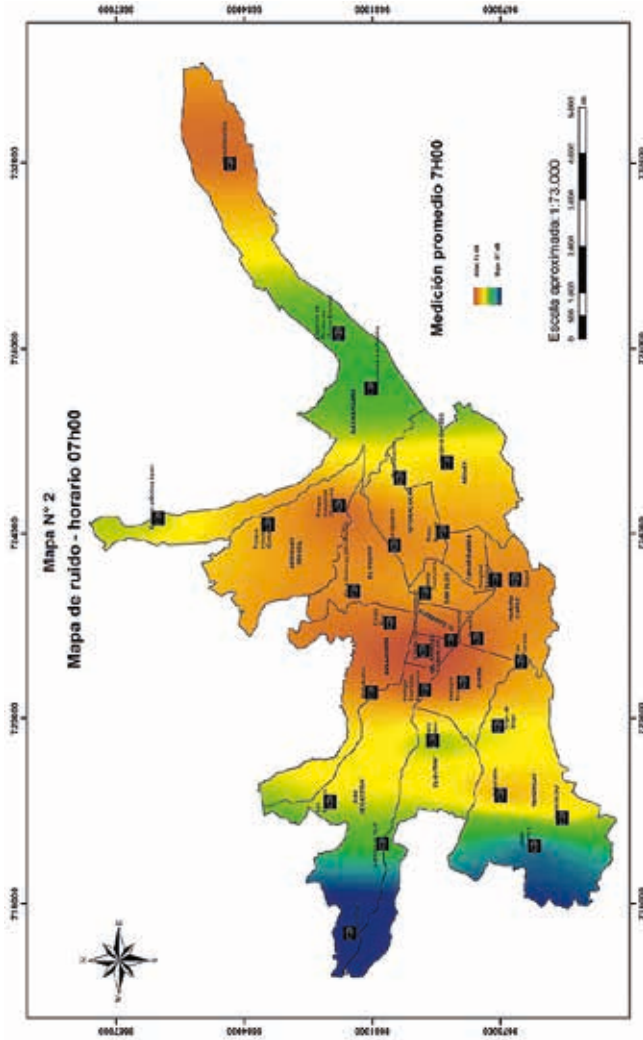
En la ciudad de Cuenca las emisiones a las 13h00 varían desde los 64,90 dB y 71,1 dB, y los mayores valores de ruido se concentran en el centro de la ciudad. Mapa N° 4.

El comportamiento del ruido a las 15h00 en la ciudad varía desde 63 dB hasta los 70 dB. La distribución de las emisiones está a lo largo de la Av. de las Américas y la circunvalación, los mayores valores se observa que coinciden con el centro histórico. Mapa N° 5.

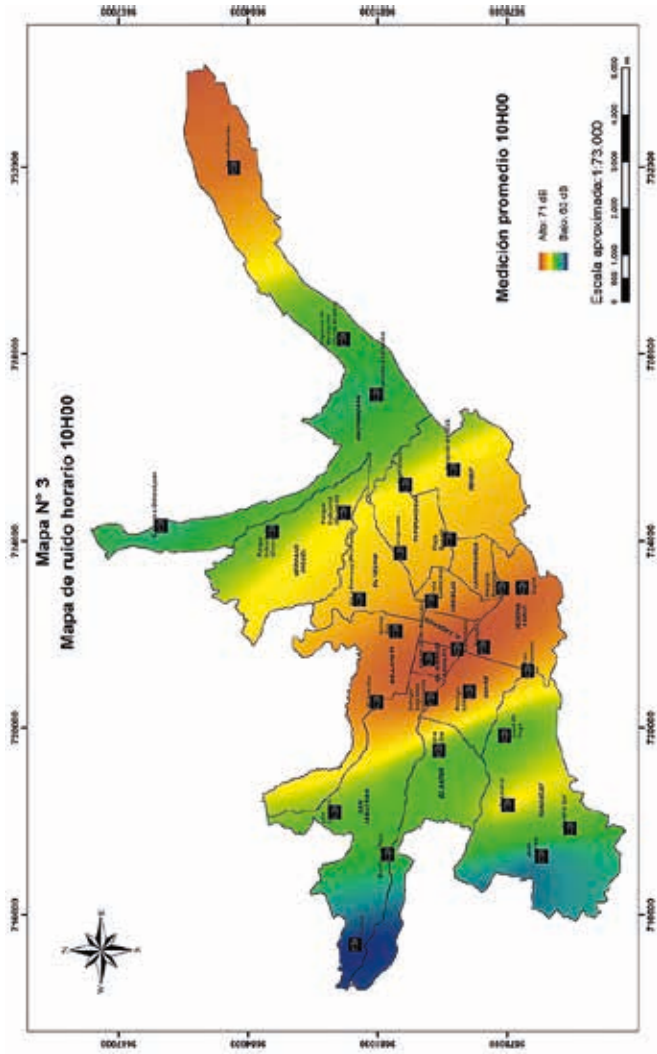
Las emisiones en el horario de las 18h00 varían entre los 62 dB y 71 dB, a esta hora las zonas con mayores emisiones son las de Challuabamba y los puntos ubicados en el centro de la ciudad, incluye Gapal, Colegio Sagrados Corazones, calle Remigio Crespo, la bajada del puente del Centenario. Mapa N° 6.

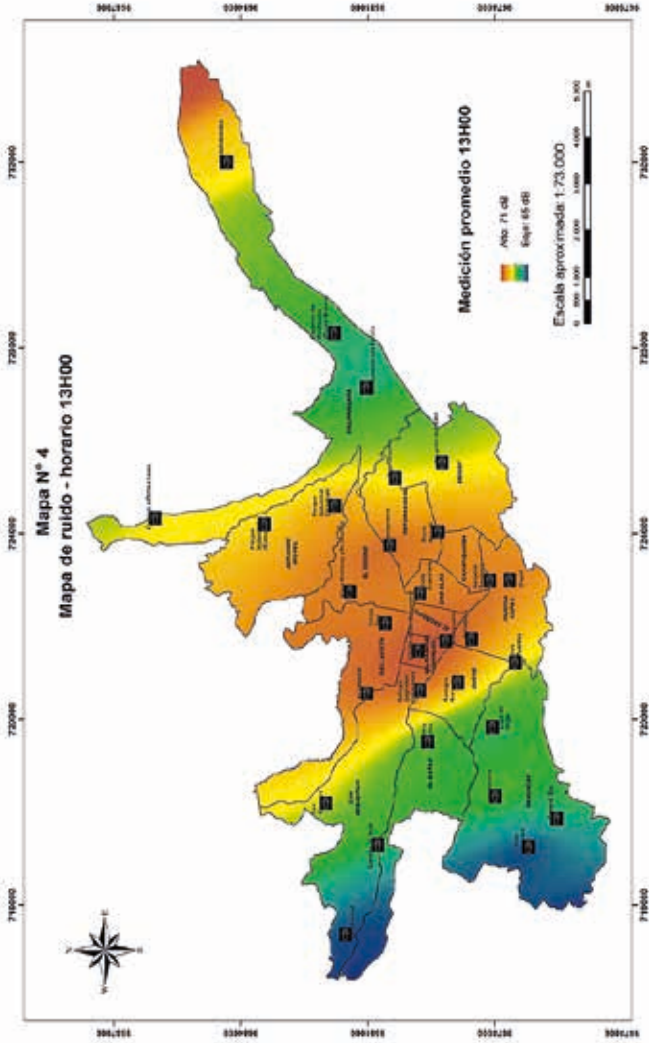
En el horario nocturno los límites sonoros disminuyen y oscilan entre los 57 dB y 69 dB, los valores con emisiones más bajas están a las afueras de la ciudad, como son los sectores de Baños, Sayausí, Machángara. Las emisiones altas se mantienen en el sector de la vía rápida en la zona de Challuabamba. Mapa N° 7.



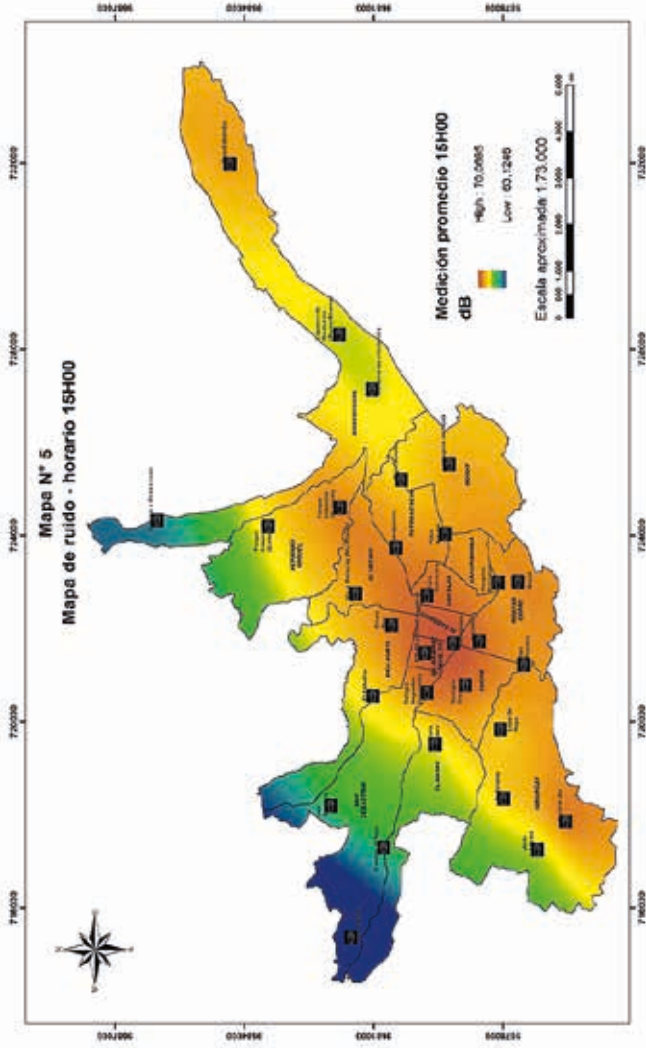


Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA - 2014

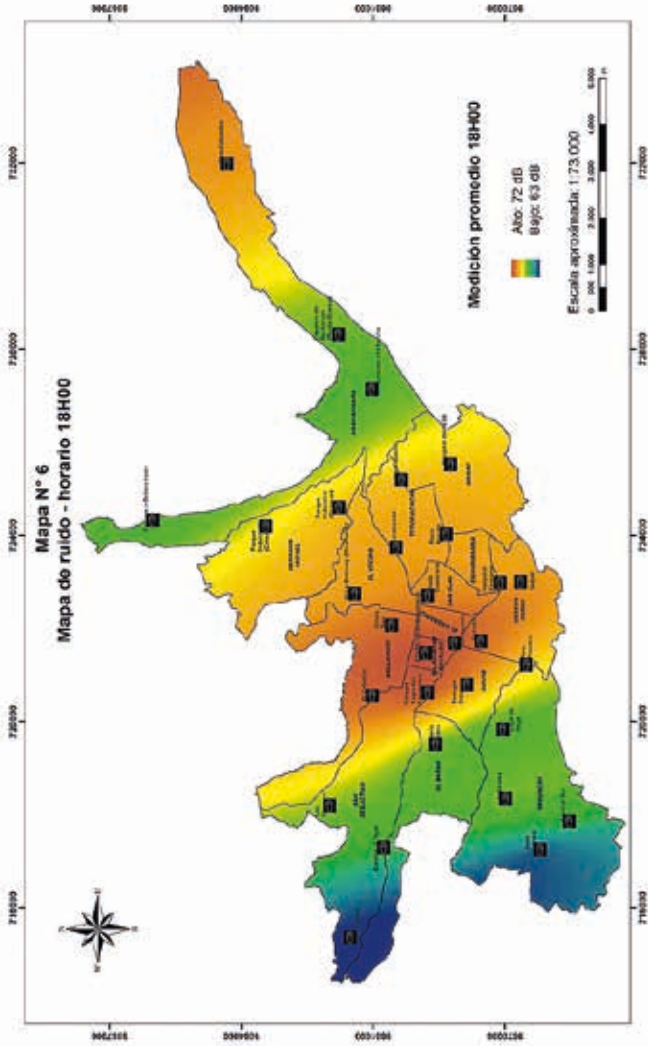




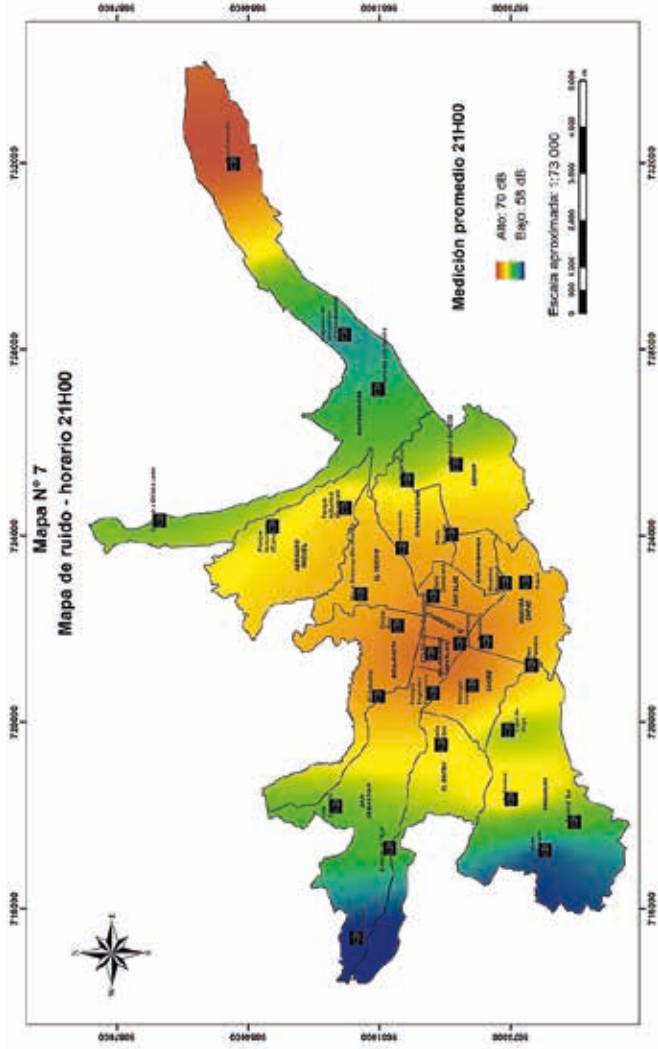
Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA - 2014



Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA - 2014



Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA - 2014



Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA - 2014

## **6.2 Método CadnA.- Método de simulación de ruido con parámetros de densidad de tráfico**

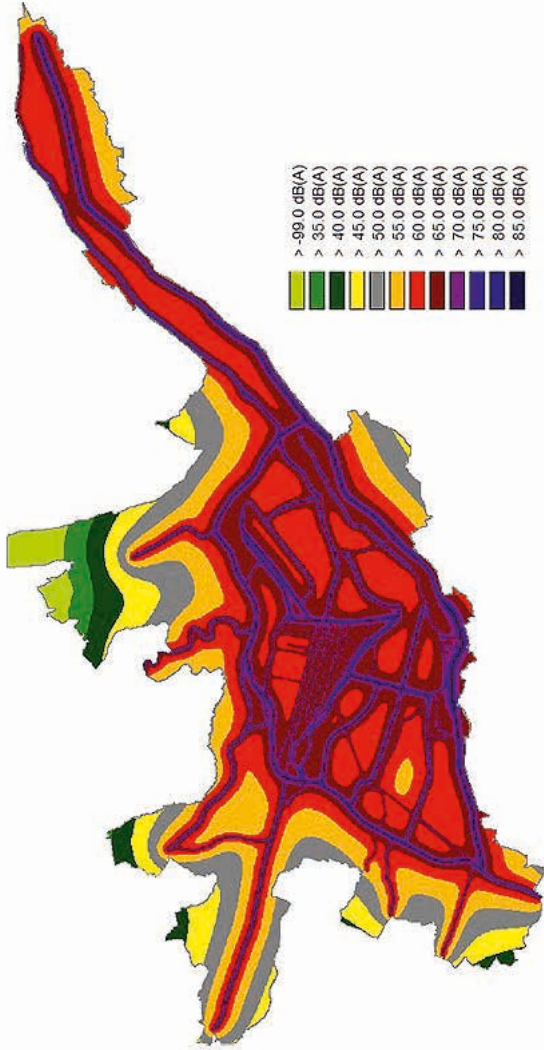
Este método se basa en la utilización del software de modelización, cálculo y gestión del ruido ambiental. El propósito es poder contar con un mapa de ruido sobre la base del análisis de factores como son:

- Tráfico promedio diario
- Ancho de la calzada
- Tipo de capa de rodadura

Contando con la información de la densidad de tráfico facilitada por la Unidad de Manejo de Tránsito del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca, del Estudio de Actualización del Sistema Integrado de Transporte – 2007 y del levantamiento de información realizado por la Universidad del Azuay relacionada con las características de las vías, se ha podido generar el mapa de ruido con este método, el mismo que se describe a continuación.

Mapa N° 8

Mapa de ruido de la ciudad de Cuenca – Método CadnaA



Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA - 2014



Como se puede observar en el mapa las máximas emisiones de ruido se presentan en las vías de alto tráfico como son la Av. de las Américas, la autopista Cuenca – Azogues, las calles del centro histórico de Cuenca, estas emisiones son hasta de 75 dB.

Las emisiones sonoras en la ciudad se concentran en las vías, en tanto que en las áreas en donde se asientan las infraestructuras la emisión de ruido disminuye a valores de hasta 60 dB.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 Conclusiones**

- El 83% de las mediciones del año 2014 están sobre la normativa establecida para las distintas zonas de uso y ocupación del suelo.
- Se puede ver que para los horarios de 7h00, 10h00 y 18h00, de los treinta puntos analizados, 3 valores están bajo la norma, lo que representa el 10%, en tanto que el 90% restante está sobre los límites establecidos en el TULSMA.
- Para los horarios de 13h00, 15h00 y 21h00, se encontraron que dos valores (6,67%) están bajo la normativa, en tanto que el 93,33% no cumple los límites del TULSMA.
- Si se analiza por zona de uso y ocupación del suelo se tiene que para la zona hospitalaria – educativa todos los puntos de muestreo en los seis horarios analizados están incumpliendo la normativa ambiental.
- Para la zona residencial, de igual manera, los nueve puntos evaluados en todos los horarios están sobre

los límites establecidos en el TULSMA; en la zona residencial mixta solamente un punto en el horario de 7h00 (R\_13\_La\_Libertad) está bajo el límite del TULSMA que especifica para el día la emisión máxima de 55 dB.

- En la zona comercial los tres puntos evaluados incumplen los límites para esta zona de uso y ocupación del suelo, que son de 60 dB (día) y 50 dB (noche).
- En la zona denominada comercial mixta se tomaron cuatro puntos de muestreo, de los cuales sólo el punto R\_21\_Feria\_Libre presenta niveles bajo la norma en los horarios de 7h00, 10h00, 13h00, 15h00 y 18h00.
- En la zona industrial se evaluaron tres puntos que representaron 18 mediciones en los seis horarios. En esta zona los dos puntos R\_11\_Camal y R\_14\_Cerezos\_Alto, presentan emisiones bajo la norma en un número de 10 mediciones, lo que representa el 55% del total.
- En el período del 2009 al 2012 se observa que las emisiones sonoras en el horario de las 13h00 se incrementan en los 18 puntos de monitoreo, lo que representa el 90%. Los incrementos más representativos son los del punto R\_14\_Cerezos\_Alto con 29,8 dB, seguido del punto R\_22\_Trinita con 21,4 dB y el sector R\_26\_Cristo\_Rey con 13,6 dB.
- En el horario de las 18h00 hay incremento en el 85% de los puntos monitoreados, con valores máximos de hasta 35,4 dB en el punto R\_14\_Cerezos\_Alto, seguido de 27,9 dB en el R\_08\_Lagunas\_oxidación y 14,2 dB en el R\_30\_Bajada\_Centenario.
- En el período del 2012 al 2014 del análisis se observa que hay una disminución de las emisiones en varios puntos de monitoreo, en primer lugar en el 75% de los puntos muestreados disminuyen las emisiones correspondientes al horario de las 18h00. La disminución de valores se da hasta 9,9 dB en el R\_08\_Lagunas\_oxidación, y el 8,9 dB en el sector de los Tres Puentes.

- En el horario de las 13h00 disminuyen las emisiones sonoras en el 60% de los puntos muestreados, los valores que se toman varían hasta en 11,8 dB en el R\_21\_Feria\_Libre, seguido por 11,4 dB en el R\_08\_Lagunas\_oxidación
- Se observa un incremento de emisiones en el 25% de los sitios muestreados en el horario de las 18h00, la mayor diferencia se da en el R\_30\_Totoracocha con 6,2 dB. En el horario de las 13h00 en el 40% de los sitios de monitoreo se incrementan en valores no muy representativos, ya que la mayor diferencia es de 1,5 dB.

## 7.2 Recomendaciones

- Si bien las emisiones sonoras en el año 2014 están sobre los límites establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente – TULSMA-, sin embargo los valores de las emisiones se han reducido con relación al año 2012, lo que nos indica, que las campañas de concientización son útiles y necesarias, por esta razón se recomienda de manera periódica continuar realizando desde el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca campañas de concientización dirigidas a la ciudadanía.
- Desde el Concejo Cantonal del GAD municipal de Cuenca se debería aprobar la “Actualización de la ordenanza de control de la contaminación ambiental originada por la emisión de ruido”, que está preparada para las fuentes fijas.
- Asimismo en coordinación con la Empresa EMOV EP, se deberían realizar controles de las emisiones móviles en el ámbito de sus competencias.
- Es necesario que al actualizar la ordenanza de uso y ocupación del suelo de la ciudad de Cuenca, se

consideren las nuevas dinámicas de la población al momento de establecer las áreas de planeamiento y sobre todo para la asignación de los usos, ya que la misma es de continuo cambio y requiere de actualizaciones periódicas.

- Poner de manera urgente en funcionamiento el sistema integrado de transporte, a fin de potenciar el servicio de transporte público masivo, para de esta manera disminuir el ingreso de vehículos al centro urbano. De esta forma se podrá mejorar el comportamiento de las emisiones sonoras, ya que de estudios realizados se conoce que aproximadamente el 70% de las emisiones de ruido provienen del tráfico vehicular. (Platzer, L.,2007).
- Fortalecer las barreras naturales en las vías de gran circulación como son la autopista Cuenca – Azogues y la circunvalación, arterias viales que actúan como pantallas naturales antirruído.

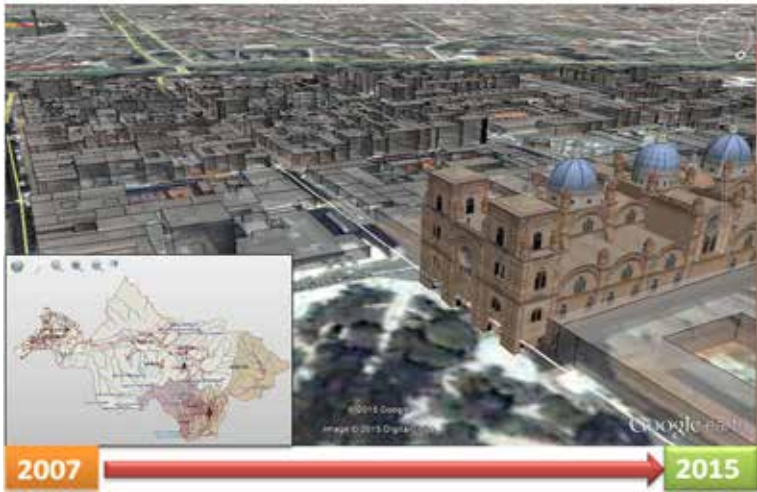
## **Agradecimiento**

Presentamos nuestro especial reconocimiento a la Ing. Priscila Samaniego e Ing. Juan Maita, de la UDA, y al equipo técnico de la Comisión de Gestión Ambiental (CGA), que formaron parte del equipo técnico del proyecto.

## **8 BIBLIOGRAFÍA**

- Costa, S. B. (2011). Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, Sao Paulo, Brazil. Environmental monitoring and assessment, , 172, págs. 329–337.

- Costa, S. B., & Lourenço, R. W. (2011). Geoprocessing applied to the assessment of environmental noise: a case study in the city of Sorocaba, Sao Paulo, Brazil. *Environmental monitoring and assessment*, 172, págs. 329–337.
- Comisión de Gestión Ambiental. (2009). *Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca, año base 2007*.
- Ibarluzea Maurologoitia, J., Larrañaga Padilla, I., & Aspuru Soloaga, I. (2004). Percepción del ruido por la población residente en el entorno de la bahía de Pasaia. *Salud Ambiental*, 61-69.
- Krauss, F. (2003). *Metodología para la evaluación del ruido por tráfico vehicular en zonas urbanas*. Universidad Santiago de Chile. Santiago: Universidad Santiago de Chile.
- OCDE. (1995). *Reducción del ruido en el entorno de las carreteras*. OCDE, Francia. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Dirección General de Carreteras.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). OMS. Consultado el 29 de 06 de 2012, de <http://www.who.int/es/>
- Platzer, L., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de Otorrinolaringología* (67), 122-128.
- Sanz, Benjamín García, and Francisco Javier Garrido García. Fundación “La Caixa”. (2003). *La contaminación acústica en nuestras ciudades*. Cataluña, España.
- TULSMA. (2014). Ministerio del Ambiente. Libro VI, Anexo 5 De la Calidad Ambiental. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Quito.



# EVOLUCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE DATOS ESPACIALES EN LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Pacheco, Diego  
Correspondencia: [dpacheco@uazuay.edu.ec](mailto:dpacheco@uazuay.edu.ec)

## RESUMEN

Las infraestructuras de datos espaciales (IDE) han evolucionado con el paso de los años a través de la generación de nuevos paquetes informáticos y delimitación de reglas claras de funcionamiento. Estas reglas se han convertido en políticas que han acelerado su desarrollo y han sido adoptadas por varias instituciones nacionales y regionales como fuente de información geográfica.

En este artículo hablamos sobre la evolución de las mismas y el crecimiento de la IDE de la Universidad del Azuay desde el año 2008, de convertirse de un servidor de mapas a un Geoportal de servicios dentro del cual se albergan los contenidos de las investigaciones en IDE, además de ser un medio de contacto con la comunidad.

Estos conocimientos adquiridos se pretende transferir a los gobiernos, técnicos y sociedad civil interesada. Esto se ha logrado gracias al interés de los GAD locales y al interés de participar en los cursos de capacitación.

**Palabras clave:** infraestructura de datos espaciales, wms, metadatos, UDA, geosur, IDE, geoportal, mapas, geomática.

## EVOLUTION OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE AT *UNIVERSIDAD DEL AZUAY*

### ABSTRACT

Spatial Data Infrastructure (SDI) has evolved over the years through the generation of new software packages and the definition of clear rules of operation. These rules have become policies that have accelerated the development of SDI, and have been adopted by several national and regional institutions as a source of geographic information.

This article is about the evolution of SDI and its growth at the *Universidad del Azuay* since 2008, from being a map server to becoming a Geoportal server in which the contents of SDI searches are stored; in addition of being a means of contact with the community.

This acquired knowledge is intended to be transferred to governments, technicians and interested citizens. This has been achieved thanks to the interest of the local GAD (Decentralized Autonomous Government) and to the interest to participate in training courses.

**Keywords:** Spatial Data Infrastructure, WMS, Metadata, UDA, Geosur, SDI, Geoportal, Maps, Geomatics.



## CONTENIDO

El auge de la información geográfica en la web ha consolidado lo que actualmente conocemos como infraestructuras de datos espaciales (IDE). Las IDE facilitan el acceso a la información geográfica proveniente de diferentes fuentes, a través del establecimiento de normativa y del desarrollo de geoservicios web estandarizados. Los principales geoservicios de una IDE son los catálogos de metadatos, la visualización de cartografía en la web y el acceso a los datos mismos para su posterior análisis espacial.[Pacheco, 2013]

*“Cuando se dispone de datos georreferenciados, de cierta disponibilidad de recursos informáticos y se quiere o se tiene la necesidad de publicar la Información Geográfica de la manera más eficaz posible, es necesario contar con una infraestructura que permita compartir, intercambiar, combinar, analizar y acceder a los datos geográficos de forma estándar e interoperable.”* [Poveda et al., 2012]. Esta infraestructura es provista por las IDE.

El avance de las tecnologías libres y los desarrollos a través de comunidades de programadores generaron versiones libres del software de cada componente de una IDE como: servidores de mapas, bases de datos espaciales, catálogo de metadatos y visores de mapas para el manejo de información geográfica. A continuación describimos cada uno de ellos:

- **Servidor de mapas**

Los servidores de mapas tienen como objeto acceder a información geoespacial existente a través de mecanismos estándar. El desarrollo de este software dio un giro a la forma de acceder a la información digital a través de internet. Debido a ello los programas SIG más populares como ArcGis, QGIS, Kosmo entre otros ya incluyen funcionalidad para trabajar con servicios WMS<sup>1</sup>.

Con la parte tecnológica lista para poner en marcha estos servicios se emprendió la tarea de convencer a los entes políticos de las ventajas que tiene la información geográfica disponible a través de internet, lo que acelera el acceso y uso de la misma.

Este software forma parte de uno de los componentes de las IDE con el cual se puede establecer los servicios estándar.

- **Base de datos espaciales**

Las bases de datos han sido utilizadas por años para el almacenamiento y manejo de grandes volúmenes

- 1 El servicio Web Map Service (WMS) definido por el OGC (Open Geospatial Consortium) produce mapas de datos referenciados espacialmente, de forma dinámica a partir de información geográfica. Este estándar internacional define un “mapa” como una representación de la información geográfica en forma de un archivo de imagen digital conveniente para la exhibición en una pantalla de ordenador. (Fuente: Wikipedia [http://es.wikipedia.org/wiki/Web\\_Map\\_Service](http://es.wikipedia.org/wiki/Web_Map_Service))

de información a través de programas aplicativos que pueden funcionar remotamente o en ambientes web.

A estas bases de datos se agrega un componente (o extensión) espacial para almacenar y trabajar con entidades geográficas como puntos, líneas y polígonos georreferenciados.

A través de la potencialidad de las mismas se puede almacenar y analizar información espacialmente a través de lenguajes de consultas como Structured Query Language (SQL)<sup>2</sup>.

- **Catálogo de metadatos**

Dentro de las buenas prácticas de la información geográfica existe un componente denominado como catálogo de metadatos<sup>3</sup>. Los mismos sirven para registrar datos que aportan a la calidad de la información. En el caso de los datos geográficos el

- 
- 2 El lenguaje de consulta estructurado o SQL (por sus siglas en inglés Structured Query Language) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones en ellas. Una de sus características es el manejo del álgebra y el cálculo relacional que permiten efectuar consultas con el fin de recuperar de forma sencilla información de interés de bases de datos, así como hacer cambios en ellas. (Fuente: Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/SQL>)
  - 3 Metadatos (del griego μετα, meta, 'después de, más allá de' y latín datum, 'lo que se da', «dato»), literalmente «sobre datos», son datos que describen otros datos. En general, un grupo de metadatos se refiere a un grupo de datos, llamado recurso. (Fuente: Wikipedia <http://es.wikipedia.org/wiki/Metadato>)

conocer las fuentes de información, año de creación de la información, autor, método como fue construido el dato; permite tomar la decisión si utilizar o no los datos.

Estos catálogos de metadatos pretenden emular un índice digital a través del cual se puede buscar información a través de ciertas palabras para localizar el dato buscado. Adicionalmente las búsquedas se pueden realizar por la región geográfica del dato. Estos catálogos pueden conectarse entre sí y permitir la sincronización de información a través de internet.

- **Visores de mapas**

Varios programadores a nivel de internet se han encargado de construir y programar librerías en lenguajes JavaScript y PHP para la construcción de visores de mapas con la funcionalidad para realizar: acercamientos y alejamientos, paneo, consulta de atributos. Entre las librerías más populares tenemos: OpenLayers, API de Google Maps, Geoexplorer, etc.

Con estas librerías la funcionalidad básica ya está lista, con lo cual los desarrolladores se pueden concentrar en la funcionalidad específica, según las necesidades de la institución.

## **Evolución de las IDE en la Universidad del Azuay**

Dentro de la Universidad del Azuay a partir del año 2008, a través de los cursos de graduación de la escuela

de Ingeniería de Sistemas se brinda la opción de conocer las tecnologías para manejar información espacial en la nube y se empiezan a realizar los primeros trabajos de publicación en servidores de mapas a través de temas de monografía y tesis. Este conocimiento lo imparte Daniela Ballari (tutora dentro del curso de graduación de la materia de Servidores de Mapas) con la experiencia obtenida durante la realización de su maestría en la Universidad Politécnica de Madrid y su experiencia en trabajos en el ámbito de infraestructuras de datos espaciales, metadatos de información geográfica y cartografía web.



**Figura 1.** Página inicial del primer servidor de mapas de la UDA (Año 2008)

Todos los trabajos realizados fueron recopilados en un servidor provisto por la Universidad del Azuay y configurado en su totalidad con software libre.

## **Construcción de la infraestructura de datos espaciales de la UDA**

Con la creación del Consejo Nacional de Geoinformática (CONAGE) en el año 2004 bajo decreto ejecutivo N° 2250, se genera una institución reguladora de los estándares y directrices de las instituciones productoras de información a nivel nacional en lo que conocemos como las Políticas Nacionales de Información Geoespacial, y las cuales amparan la creación de las IDE y metadatos de información geográfica de diferentes instituciones nacionales.

Con este antecedente, a partir del año 2012 se emprende la tarea de generar una nueva visualización del servidor de mapas con miras a construir la IDE de la Universidad del Azuay. El trabajo consistió en la actualización de tecnología (hardware y software) teniendo siempre presente la utilización de software libre y la posibilidad de agregar otras funcionalidades.

Una vez realizadas las pruebas de funcionamiento y desarrollos necesarios se decidió generar un evento para el lanzamiento y presentación de este geoportal. Además se pudo compartir con la comunidad experiencias en cuanto a las tecnologías de información geoespacial.

El evento se denominó “Infraestructura de Datos Espaciales: La geo-información al alcance de la sociedad” y contó con la participación de ponencias provenientes de

instituciones como: SENPLADES, Ministerio de Educación, Instituto Geográfico Militar, Universidad de Cuenca, GAD de la provincia del Cañar, Fundación Charles Darwin y la Universidad del Valle de Colombia.

Este evento fue gratuito y el financiamiento lo asumió la Universidad del Azuay. El objetivo de estos eventos es compartir los conocimientos y avances entre técnicos, investigadores y usuarios de la información geográfica.



**Figura 2.** IDE Universidad del Azuay (Año 2012)

En el año 2013, como parte de una tesis de la Maestría en Geomática con mención en Ordenamiento Territorial se construye una versión de la IDE adaptada para dispositivos móviles con sistema operativo Android. Esto con la finalidad de probar las capacidades de uso de información geo-espacial en dispositivos móviles, y de esta forma, acercar este conocimiento a la sociedad civil a través de una tecnología que es muy común en el uso cotidiano.

En el año 2014, con la creación de la línea de investigación en Geomática y Territorio en el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE) se da impulso a la creación de una Infraestructura de Datos Espaciales para compartir y publicar la información generada en la universidad, además de tener un canal de comunicación directa con los usuarios a través del geoportal con la finalidad de informar sobre las actividades, proyectos de investigación y capacitaciones disponibles. Adicionalmente se crea una temática orientada a la investigación en IDE, donde se comienza a trabajar sobre nuevos usos que se pueden dar a la información espacial en la nube y cómo interactuar con otros tipos de datos más complejos.





Figura 3. IDE Universidad del Azuay (Año 2015)

## Sistema Nacional de Información (SNI) y Geosur

La arquitectura de las IDE permite la integración de información de una forma rápida y sencilla. Gracias a ello el compartir la información geográfica generada en la UDA con instituciones regionales y locales es una tarea que se realiza fácilmente.

Con miras a conformar redes nacionales y regionales de información geográfica nacen entidades como el Sistema Nacional de Información de Senplades (SNI). A partir del año 2012 la UDA integra su información geográfica a esta red.

Otra de las redes que funciona en Latinoamérica es Geosur. “El Programa GeoSUR opera y mantiene la red de información geográfica de América Latina y el Caribe. Más de ochenta instituciones participantes operan servicios de mapas que están actualmente vinculados a este portal regional. La red es descentralizada y las instituciones operan y mantienen sus geoservicios y sus datos, sólo la información de índole regional es mantenida directamente por GeoSUR.”

El mismo año se emprende la tarea de compartir la información con la red Geosur a través de la cual el único requerimiento es el de mantener los servicios funcionales y que exista una persona encargada del mantenimiento de los mismos. Por su parte Geosur permitió que los integrantes de la UDA se capacitaran en la generación de metadatos a través de los cursos del IGN de España.

## **Necesidad de infraestructuras nacionales de información**

Hemos sido testigos de la creación de infraestructuras nacionales de países de Latinoamérica como: Colombia, Venezuela, Bolivia, Chile, Brasil, entre otros. En el Ecuador, a partir del año 2010, se emprende esta tarea de normalizar y publicar la información de diferentes instituciones estatales a través de un portal web donde se pueda buscar la información.

Muchas de estas iniciativas nacionales fueron inspiradas por la normativa europea INSPIRE. Dicha directiva nace ante la necesidad de organizar y poner en común la información espacial de las diferentes infraestructuras de

datos espaciales de los Estados miembros de la Unión Europea y con el objetivo de superar los problemas de disponibilidad, calidad, gestión, accesibilidad y puesta en común de toda la geo-información[Centre de Suport IDEC, 2015].

“En diferentes actividades, se requiere adquirir mapas temáticos específicos y combinarlos con otros mapas máticos en un sistema de información geográfica (GIS) para la realización de variadas y heterogéneas tareas. Para conseguir esto es necesario, por una parte saber si existe esa información geográfica, saber dónde puedo conseguirla y luego disponer de mecanismos amigables para adquirirla.”[Bañares, et al., 2001]

“Por lo general, cada país dispone de un servicio nacional de información geográfica que se encarga de la toma de datos y creación de los mapas básicos del país y una serie de agencias especializadas que los confeccionan, basándose en la cartografía anterior, la cartografía temática que les interesa.”[Poveda et al., 2012]

## **Aplicaciones SIG en la nube para la gestión del territorio**

Con la experiencia obtenida en la construcción de la IDE de la UDA se comienza a trabajar en la creación de aplicaciones que apoyadas en los SIG Web ayuden a los técnicos al control y gestión de recursos territoriales y activos de instituciones.

En este ámbito se ha colaborado con la Empresa Municipal de Aseo de Cuenca (EMAC) en la creación de un sistema de gestión de parques y jardines, que por un

lado pretende inventariar elementos de los parques como: áreas verdes, árboles, mobiliario, equipamiento; y por otro tener un control de las actividades que se realizan sobre los mismos para planificar y fiscalizar el cumplimiento de las mismas.



Con el Departamento de Obras Públicas del GAD Municipal del cantón Cuenca se emprendió un proyecto para localizar su flota vehicular y conocer la ubicación en tiempo real, consultar los recorridos que realiza la misma a lo largo del día. De esta forma se mide la efectividad, se conoce la hora de llegada y salida a un sitio de trabajo planificado y se puede tener un control del movimiento y recursos que utiliza esta empresa.

Las aplicaciones anteriormente expuestas pertenecen a diferentes temáticas; pero buscan lo mismo: abrir la información a la sociedad para conocer el estado y ubicación de sus infraestructuras (parques) como de los problemas que los aquejan (ruido); con la finalidad de que la gestión pública pueda tomar decisiones que mitiguen

problemas, que administren adecuadamente los recursos y puedan llevar una gestión adecuada del sistema territorial con miras a que esta información sea transparente a la ciudadanía.



## Tendencias IDE

El año 2013 inicio el proyecto denominado “Escenarios para el análisis de las nuevas tendencias en IDE en Latinoamérica: retos y oportunidades” que pretendió analizar los avances en IDE a través de cuatro instituciones que participaron: Universidad de Cuenca (Ecuador), Universidad del Azuay (Ecuador), Alcaldía de Bogotá – IDECA (Colombia) y la Universidad de la República (Uruguay).

El objetivo de este proyecto es estudiar la implementación de las nuevas tendencias en IDE en Latinoamérica (IDE móvil, sensores, cloud computing e información geográfica voluntaria) a través del uso de escenarios y prototipos

adaptados a las necesidades propias del contexto.[Ballari et al., 2014]

De este estudio se pudo determinar que existen tres generaciones de IDE reconocidas: la primera, donde se trató de centralizar la información en organismos nacionales. La segunda donde la información se descentraliza y cada institución la comparte a través de servicios en la nube y como tercera generación vemos que con el crecimiento de las nuevas tecnologías la sociedad, las tecnologías móviles, los sensores y el gobierno electrónico, actualmente dirigen la investigación de las IDE a nivel mundial.

Un sondeo realizado a través de internet permitió descubrir que existe una gran confusión en cuanto a las nuevas tendencias y por otro lado permitió determinar que no existen lineamientos para el desarrollo de IDE como por ejemplo métricas y buenas prácticas. Dentro de este contexto se ve la necesidad de que exista una institución supranacional que oriente y dirija el desarrollo de las IDE en Latinoamérica.

La UDA y la línea de investigación en IDE participaron en este proyecto con un escenario orientado a la medición de contaminación acústica en tiempo real a través de móviles inteligentes con Android. Estos datos se hacen públicos inmediatamente, además de que se realizan ciertos procesos de interpolación espacial con la finalidad de generalizar los datos.

## **Transferencia tecnológica**

En el año 2014 se emprendió la tarea de transferir los conocimientos adquiridos durante estos años y esta tarea

se la realizó con dos actividades concretas: 1) promover la creación de IDE de gobiernos locales con el apoyo y asesoría de la Universidad del Azuay; y 2) la apertura de cursos de capacitación a la sociedad civil y técnicos, con la finalidad de acelerar su formación en la conformación de geoportales e IDE.

En este contexto el año 2014 se firmó un convenio con el GAD Intercultural del cantón Cañar para la generación de su geoportal y se cuenta con la ayuda de los técnicos de la UDA durante la revisión de la información geográfica, creación del geoportal y acompañamiento para asegurar la apropiación de los conocimientos.

En el año 2015 se lanzó el primer “Taller básico de infraestructura de datos espaciales IDE” dirigido a técnicos y estudiantes que deseen conocer más sobre este tipo de tecnologías con una duración de 16 horas.

## **CONCLUSIONES**

Las IDE han permitido acceder a información geográfica actualizada y de calidad de una forma más rápida. Esto ha permitido mejorar los estudios y evitar la duplicación de trabajos de generación de datos por el mero hecho de no conocer su existencia.

La integración de las IDE en redes nacionales y regionales permite crear geoportales de datos donde se brinda el acceso a los mismos; pero la propiedad, mantenimiento y actualización sigue siendo responsabilidad de las entidades productoras.

La evolución de las IDE se ha acelerado gracias al desarrollo de las tecnologías de la información y tecnologías móviles. Los smartphones se han popularizado enormemente permitiendo a los usuarios tener un conocimiento de su entorno a través de internet. Los usuarios dejan de ser consumidores de datos para convertirse en productores, con lo cual se reduce el tiempo de acceso a datos en tiempo real.

La participación ciudadana permite obtener conocimientos de nuestro entorno con una mayor velocidad y detalle.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH) y a los miembros del proyecto “Escenarios para el análisis de las nuevas tendencias en IDE en Latinoamérica: retos y oportunidades” por compartir sus experiencias y conocimientos en el tema.

Un agradecimiento especial a la Dra. Daniela Ballari, quien durante varios años impulsó el desarrollo e investigación de las tecnologías espaciales en la web dentro de la Universidad del Azuay y la idea de compartir la información geográfica de forma adecuada y oportuna. “la geo-información al alcance de la sociedad.”



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. Pacheco, “Infraestructuras de datos espaciales en dispositivos móviles inteligentes,” 2013.
- [2] M. Á. B. Poveda, C. M. L. Vázquez, and O. Abarca, *Fundamentos de las infraestructuras de datos espaciales (IDE)*. UPM Press, 2012.
- [3] Centre de suport IDEC | Institut Cartogràfic de Catalunya, “Directiva INSPIRE.” [Online]. Available: <http://www.geoportal-idec.cat/geoportal/cas/geoserveis/inspire/index.jsp>. [Accessed: 02-Mar-2015].
- [4] J. A. Bañares, M. A. Bernabé, M. Gould, P. R. Muro-Medrano, and F. J. Zarazaga, “Aspectos tecnológicos de la creación de una Infraestructura Nacional Española de Información Geográfica,” *Univ. Zaragoza*, 2001.
- [5] D. Ballari, D. Perez, J. Tamayo, L. Vilches, D. Pacheco, E. Hoyos, A. Urgilez, V. Fernández, and Y. Resnichenko, “INFORME FINAL DE PROYECTO IPGH - Instituto Panamericano de Geografía e Historia 18 de Diciembre 2014,” Cuenca.



## **EL PRESUPUESTO EN LOS GOBIERNOS SECCIONALES Y EL ROL DEL IERSE**

**Castro, Martha**

Correspondencia: [mcastro@uazuay.edu.ec](mailto:mcastro@uazuay.edu.ec)

## Resumen:

Este artículo discurre, en primer lugar, sobre la evolución histórica de la administración pública en el Ecuador y la creación de variadas leyes y concepciones de administración que han sido aplicadas en el país en diferentes épocas por el gobierno central, por los gobiernos autónomos y por los municipios, que han sido la base fundamental para que el Estado mediante esta estructura institucional ejecute políticas públicas. En segundo lugar, el artículo presenta los aportes que el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE), desde su creación hace treinta años, ha realizado a la administración pública seccional en el ámbito de la planificación, gestión y evaluación presupuestarias.

**Palabras clave:** IERSE, planificación, descentralización, gobiernos autónomos, municipios.

## The budget for regional governments and the role of IERSE

### Abstract

The article deals first with the historical development of public administration in Ecuador and the creation of various laws and management concepts that have been applied in the country by the central government, autonomous governments and municipalities at different times. These laws have been the foundation for the State to enforce public policies by means of this institutional framework.

Second, the article presents the contributions the Institute for the Study of Sectional Regime in Ecuador (IERSE) has made since its creation thirty years ago, to the local public administration in the field of budget planning, management and evaluation.

**Keywords:** IERSE, planning, decentralization, autonomous governments, municipalities.

## **La planificación y los presupuestos en el país**

Históricamente establecido por el Congreso Constituyente de 1830 el Estado del Ecuador, se emite la primera ley sobre organización y régimen político y económico de los departamentos y provincias, en la que se instituye como autoridades administrativas a los intendentes para los departamentos, gobernadores para las provincias, los jefes políticos municipales, los alcaldes municipales y parroquiales, jefes políticos municipales, juntas de sanidad, municipalidades, juntas parroquiales y juntas de provincia.

La Ley Orgánica de Hacienda de 1830 crea tesorerías departamentales y una junta de hacienda, que, de acuerdo con el mandato constitucional, conforman la Contaduría General, con atribuciones para revisar las cuentas e imponer sanciones a las contadurías departamentales, y en la Ley Orgánica de Hacienda de 1843 la Contaduría General pasa a denominarse Tribunal de Cuentas.

Cabe señalar que desde la primera Constitución ecuatoriana de 1830, el Congreso tuvo atribuciones para decretar los gastos públicos de acuerdo con los presupuestos que presente el gobierno y velar por las inversiones de las rentas públicas, y mediante la ley de 1837 el Congreso autoriza al Ejecutivo a celebrar contratos con particulares para la construcción y mejoramiento de caminos, que considere el pago al contratista con los peajes y pontazgos que se producen por el uso de la vía.

En 1925 se da inicio a una administración pública, en la política no solo monetaria, sino también financiera y económica del país, en la que el Estado asume el control, si bien la normativa de administración pública ecuatoriana continua siendo la Constitución de la República, la Ley de Hacienda y la Ley de Régimen Administrativo, estas políticas públicas permitieron dar inicio a la obra pública del Ejecutivo que fueron sustituidas a mediados de los setenta por la Ley de Administración Financiera y Control (LOAFYC), y los temas de función pública, presupuestarios, contractuales que contenían las sucesivas leyes orgánicas de hacienda fueron sustituidas por las leyes de servicio civil y carrera administrativa, presupuestos del sector público y de contratación pública.

La planificación en el Ecuador surge en 1954, con la creación de la Junta Nacional de planificación y Coordinación Económica–JUNAPLA, directamente vinculada a la presidencia de la república, y brindando asesoría al Consejo Nacional de Economía y al sector privado, con el fin de fomentar las actividades productivas, orientar las inversiones estatales y el gasto público para el desarrollo del país, dando inicio a varios planes, programas y proyectos que de acuerdo con sus funciones asignadas se formuló los primeros planes de desarrollo, se promovió la organización de la planificación nacional y regional, a través de organismos tales como el CREA, PREDESUR, CRM, CEDEGE, INCRAE, entre otros, organizaciones creadas con sus respectivos departamentos de planificación y presupuesto, que desarrollaron su propia capacidad para formular planes, programas y proyectos de mediano plazo, para sus respectivos espacios jurisdiccionales.

En 1979 la Junta Nacional de Planificación fue remplazada por el Consejo Nacional de Desarrollo – CONADE, teniendo la responsabilidad de formular políticas, estrategias y planes de desarrollo, priorizar programas y proyectos, en ámbitos como la cooperación externa, deuda externa; en aspectos relativos al presupuesto nacional, entre otros. Sin embargo, desde el punto de vista histórico, social, económico y político en el Ecuador se han experimentado crecientes intereses, totalmente admisibles, de instituciones provinciales y locales, que exigieron la incorporación y aceptación de nuevos principios para el cambio y reestructura del Estado, como leyes de fomento con estímulos tributarios, créditos subsidiados que fueron orientados a sectores productivos selectos, y los resultados de desarrollo y la distribución de los recursos para inversiones no fue equitativo, territorialmente seguía centralizado.

Con la reforma a la Constitución y su codificación en 1998, el CONADE fue remplazado por la Oficina de Planificación –ODEPLAN, entidad encargada del Sistema Nacional de Planificación, cuya función fue establecer los objetivos nacionales permanentes en materia económica y social, fijar metas de desarrollo de corto, mediano y largo plazo, que deberán alcanzarse en forma descentralizada, y orientar la inversión con carácter obligatorio para el sector público y referencial para el sector privado, que aproveche racionalmente los recursos y sean equitativamente distribuidos.

Hasta 1998, los presupuestos y las reformas de los gobiernos autónomos descentralizados municipales y provinciales tenían que disponer del dictamen aprobado por el CONADE, bajo una planificación centrada sin

considerar la planificación local, por lo que las inversiones públicas que se planificaban dependían de los programas y proyectos priorizados a nivel nacional, que no permitían realizar programas y proyectos de desarrollo de largo alcance que permitan resolver las necesidades locales y las aspiraciones de una provincia, cantón, parroquia o comunidad, que mejore la calidad de vida de sus habitantes.

Con la reforma constitucional codificada de 1998 se establece que a partir de 1999 los presupuestos de los gobiernos de régimen seccional municipales y provinciales deben ser aprobados por el cuerpo legislativo de cada organismo y las competencias presupuestarias del Congreso se ven restringidas con la reforma constitucional codificada de 1998, en la que se prohíbe incrementar el monto de ingresos y egresos, se limita la aprobación presupuestaria por sectores de ingresos y gastos, se establecen principios presupuestarios fundamentales como no poder cubrir gastos corrientes con endeudamiento público, contar con partida para el pago de la deuda pública, no podrán establecer ingresos para fines especiales, entre otros aspectos.

Con la aprobación de la Constitución de la República del Ecuador de 2008, la estructura del Estado emite conceptos sustanciales como la desconcentración, la descentralización, la participación ciudadana, la rendición de cuentas y la revocatoria del mandato, de la gestión pública, de las responsabilidades de los mandatarios para con sus mandantes; se constituye en el 2009 la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo -SENPLADES- para que ejerza las funciones de Secretaría Técnica del Sistema Nacional Descentralizado de Planificación Participativa, (SNDPP); y en cumplimiento de su rol técnico establezca los

objetivos y políticas nacionales, a nivel regional, sectorial y territorial, encaminados a alcanzar el cumplimiento de las metas y objetivos del Plan Nacional para el Buen Vivir.

Cabe señalar que la participación ciudadana en la gestión pública juega un papel importante para la programación, ejecución y seguimiento del cumplimiento de las inversiones, del control, manejo y destino de los recursos que les son entregados a los administradores para lograr el buen vivir, pues el tema de participación no lo establece solo la Constitución de la República del Ecuador de 2008, sino el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial – COOTAD-, el Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas –COPFP y la Ley de Participación Ciudadana en la que se determinan cómo se manejan los distintos niveles de gobierno central, regional, provincial, cantonal y parroquial; bajo esta estructura cada nivel de gobierno tiene sus propias competencias, por lo que los ciudadanos de cada uno de estos territorios deben identificar sus necesidades, conocer la forma cómo serán atendidas sus necesidades, pues los gobiernos autónomos descentralizados, además de tener competencias exclusivas, tienen competencias concurrentes, por lo que de manera conjunta pueden coordinar y trabajar de manera complementaria con cualquier nivel de gobierno.

Los sistemas de participación en la gestión pública tienen las siguientes fases: diagnóstico, planificación y presupuestación, ejecución de obras y programas, servicios y evaluación de la gestión. El diagnóstico se realiza mediante el desarrollo de asambleas, reuniones, mesas de diálogo en donde se establecen las principales necesidades y se constituye en uno de los contenidos del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, y en base



a este diagnóstico se elabora la propuesta en territorio y el modelo de gestión que contiene programas proyectos, objetivos, metas y cronogramas a corto, mediano y largo plazo, que se concretan con la ejecución de los planes operativos anuales en el presupuesto de cada entidad de régimen seccional.

En la fase de planificación y presupuestación los sistemas de participación ciudadana juegan un papel importante, están conformados por los consejos de planificación, los cuales son elegidos por asambleas parroquiales, cantonales y provinciales. Su función es priorizar las necesidades que son atendidas por cada nivel en territorio y elaborar un plan de trabajo para atender las necesidades a través del financiamiento de programas, proyectos y servicios que han sido priorizados y se encuentran contemplados en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, y tienen la responsabilidad de dar seguimiento al cumplimiento de los planes operativos anuales en la ejecución del presupuesto de los gobiernos autónomos descentralizados.

El proceso histórico de crecimiento cantonal fue fuerte, es así que de 138 cantones que existían en 1985 pasaron a ser 200 en 1995 y a 221 a 2007, número que se ha mantenido hasta la fecha.

## **El IERSE y los gobiernos de cercanía**

La Universidad Católica del Ecuador Sede Cuenca -hoy Universidad del Azuay- crea el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador, IERSE en 1985, vista la necesidad de los municipios de reciente creación que

no tenían capacidad para administrar sus municipios, para iniciar sus funciones, para administrar los servicios públicos, y que no contaban con personal administrativo, técnicos ni profesionales con conocimiento para desempeñar sus funciones, por lo que el IERSE emprende programas de capacitación en temas legislativos, técnicos, administrativos y gestión dirigidos a autoridades, directivos, funcionarios y personal administrativo a nivel local y regional.

Las recurrentes crisis fiscales en la década de 1980, hizo que los gobiernos de turno aplicaran políticas de austeridad y ajuste en el gasto público. La inversión pública y el gasto social sufrieron una baja considerable durante esta década por la caída de los precios del petróleo, y el mantener una leve base impositiva hacía que las finanzas públicas en el Ecuador sean inestables. Ante esta situación el IERSE fortalece los programas de capacitación con asistencia técnica, con el propósito de apoyar en la elaboración de ordenanzas para la generación de recursos propios, de proponer métodos y procedimientos administrativos, financieros y presupuestarios que apoyen la gestión pública y fortalezcan la administración de las entidades de régimen seccional, ya que las medidas aplicadas fueron drásticas con eliminación progresiva de los subsidios a ciertos servicios públicos con el fin de incrementar los recursos destinados a los servicios sociales básicos, medidas de racionalización del gasto, reformas tributarias, reestructuración del impuesto predial, entre otras.

Durante el período 1989-1992 las decisiones tomadas por el Estado fueron acceder a créditos externos, para mantener la inversión pública, situación que no fue controlada ya que se incrementó el gasto público especialmente en corriente, es por ello que los

programas de capacitación impartidos por el IERSE fueron permanentes en la actualización de conocimientos con las nuevas reformas a las leyes y decretos en los que se establecieron nuevos procedimientos de administración y control de los recursos y gastos, que sucesivamente fueron cambiando con el pasar del tiempo.

A finales de la década del 90, la inestabilidad e incertidumbre en la política fiscal condujo a una crisis política y social con matices desestabilizadores del orden democrático, crisis financiera que impactó en la economía con fuertes desigualdades económicas y provocó la salida de ecuatorianos y ecuatorianas en busca de trabajo para mejorar las condiciones de vida de sus familias. Con el pasar de los años la economía se compensó con el ingreso de remesas del extranjero, lo que permitió además que la construcción en los cantones de las provincias del Azuay y Cañar se desarrollen significativamente, y llevó a que los municipios pequeños y medianos impulsen una planificación urgente en la consolidación de los centros poblados y en la ampliación de la cobertura de los servicios básicos como agua potable, alcantarillado, recolección de basura; realizar construcción de obras como pavimentación, aceras, adoquinado, apertura de vías, construcción de equipamientos básicos, inversiones que requerían de financiamiento de créditos internos que luego serían recuperados por los municipios por los servicios que se prestan y por el cobro de contribución especial de mejoras para pagar la deuda y para administrar y mantener los servicios.

Durante el período 1986-2005, solo en la provincia del Azuay se incrementaron los cantones de 6 a 15, es decir, se crearon 9 cantones más, y los requerimientos y

demandas de los municipios de reciente creación fueron latentes, pues con escasos recursos asignados para iniciar la gestión y al no contar con personal capacitado dentro de su jurisdicción, llevó a que el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador –IERSE-, apoye el desarrollo de estos cantones ante el problema de grandes inequidades de desarrollo en el territorio y al no disponer de recursos suficientes para iniciar proyectos prioritarios de agua potable, alcantarillado, desechos sólidos, pues las transferencias fueron limitadas para la provisión de estos servicios básicos debido a que las transferencias estatales seguían concentradas en los centros económicos del país.

Cabe indicar que los presupuestos de la entidades seccionales están conformados por ingresos y gastos; los ingresos municipales son los que provienen de ingresos tributarios, no tributarios y empréstitos; dentro de los ingresos tributarios, se encuentran los impuestos que son fuentes de obligación tributaria municipal, que han sido creados por ley para financiar los servicios municipales, como son impuestos sobre la propiedad urbana y rural, de alcabalas, al registro e inscripción, sobre vehículos, matrículas y patentes, espectáculos públicos, a las utilidades en la compra venta de bienes inmuebles, impuesto al juego, a los activos totales y las demás leyes que facultan a las municipalidades para que se puedan aplicar tributos de acuerdo con los niveles y procedimientos que se establezca y ser cobrados mediante ordenanzas municipales que se dicten por el órgano legislativo municipal. Por citar el caso, según la Ley de Régimen Municipal vigente los municipios podían actualizar cada 5 años sus avalúos catastrales, se cobraba sobre el 60% del avalúo un porcentaje de acuerdo a una tabla progresiva de cálculo. Por la inflación y devaluación los catastros se

encontraban desactualizados, y desde 2010 en que la Ley de Régimen Municipal es remplazada por la Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial Autónomo Descentralizado – COOTAD, la actualización de avalúos se la realiza cada dos años.

Las ingresos por tasas son los que aplican los municipios por la prestación de servicios públicos, siempre que el monto de éstos tengan relación con el costo de operación, es decir de producción de los servicios. Para su cobro es necesario que estén regulados bajo ordenanza municipal, como aprobación de planos y construcciones, agua potable y alcantarillado, recolección de basura y aseo de calles, servicios administrativos, rastro, cementerios, matrículas y pensiones escolares, de energía eléctrica, y las nuevas competencias que le fueron asignadas por el Estado a las municipalidades y que expresamente constan en las leyes vigentes para su aplicación, y que con el pasar del tiempo se han eliminado, como las tasas por el servicio de energía eléctrica. Muy pocos mantienen la tasa por servicios municipales de matrículas y pensiones escolares en escuelas y colegios, y han asumido nuevas competencias como la de tránsito, transporte y seguridad vial, que fue delegada a los municipios mediante resolución 006 el Consejo Nacional de Competencias, que transfiere la competencia a los 221 gobiernos autónomos descentralizados –GAD- en mayo de 2012, en tres modalidades de gestión diferenciados, por las atribuciones que asume cada gobierno autónomo descentralizado- GAD; los modelos se diferenciaron en función del parque automotor y de la experiencia de los GAD en el ejercicio de la competencia, por ejemplo en el modelo A, las municipalidades asumieron la administración, control de tránsito, transporte y seguridad vial y están

facultadas para planificar, regular, controlar este servicio en su jurisdicción. En el caso de los municipios grandes y medianos este servicio está siendo controlado por las empresas municipales previa la competencia otorgada a los GAD, al igual que otros servicios como agua potable, alcantarillado, recolección de basura y aseo de calles.

Los ingresos por contribución especial de mejoras se cobra por el beneficio real o presuntivo que adquieren las propiedades inmuebles urbanas por el mejoramiento o construcción de obras públicas como apertura, pavimentación, ensanche y construcción de vías, repavimentación urbana, aceras y bordillos, alumbrado público, obras de regadío, rellenos de quebradas, plazas, parques, jardines u otras obras.

Los ingresos no tributarios están conformados por las rentas patrimoniales, que son los ingresos que provienen del dominio predial, de utilidades provenientes del dominio industrial, comercial o agrícola, de utilidades de inversión financiera, de otros ingresos provenientes de sanciones tributarias en las que se establecen multas, intereses e infracciones a la ley por no ser pagados a la fecha de su vencimiento. Estos ingresos de transferencias y aportes de asignaciones fiscales, de entidades autónomas descentralizadas o de otros organismos públicos nacionales o extranjeros y de venta de activos, también son regulados mediante ordenanzas.

Con la Ley de Régimen Seccional, los criterios para la distribución de fondos de desarrollo seccional a los gobiernos seccionales municipales, casi siempre han estado relacionados con la población, tasa de crecimiento, y de mortalidad infantil por provincia y cantón, y cobertura

de servicios públicos, de los informes que proporciona el Instituto nacional de Estadísticas y Censo – INEC; con la superficie de provincia y cantón, con informe oficial del Instituto Geográfico Militar, información sobre el ingreso *per cápita* que emite el Banco Central del Ecuador, y otros informes que hayan realizado los organismos de planificación nacional vigentes a la fecha de su aplicación para la distribución de recursos. Con la ley del Código Orgánico de Ordenamiento Territorial Autónomo Descentralizado los criterios de distribución son: población, densidad poblacional, necesidades básicas insatisfechas, mejora de los niveles de vida, esfuerzo fiscal, esfuerzo administrativo. Con el informe de SENPLADES de los índices de cumplimiento de metas del plan nacional de desarrollo y del plan de desarrollo del GA, para el año 2015, se transfiere recursos del Presupuesto General del Estado a los GAD. Los recursos provienen de ingresos permanentes en un 21% y de los ingresos no permanentes en un 10% para equidad territorial, además se mantienen las transferencias para compensar a los GAD en cuyos territorios se generen explotación o industrialicen recursos no renovables, en donde se mantienen vigentes las leyes sectoriales 010 y 047, y las transferencias destinadas a financiar las nuevas competencias que asumen los GAD.

Los empréstitos son ingresos que provienen por créditos internos y externos, que son contraídos por los GAD dentro de los límites de endeudamiento y la capacidad que tienen para contraer la deuda. No se puede contraer deuda pública para pagar deuda y financiar gasto corriente. Normalmente estos empréstitos se dan para financiar construcción de obra pública, y deben ser recuperados mediante la contribución de mejoras, y por el ingreso de este rubro se puede pagar la amortización e

intereses de la deuda. Cabe indicar que el trámite de todo crédito sea interno o externo se sujeta a las leyes vigentes que rigen la materia.

Hay que señalar que a partir de 1989, con la reforma a la Ley de Régimen Municipal y por la crisis que atravesaba el país, las provincias y cantones carecieron de recursos financieros para solventar los crecientes problemas a nivel de sus jurisdicciones. Esto paso a la consecución de créditos externos destinados a obras prioritarias y a la asistencia financiera y técnica a las municipalidades, créditos que debieron complementarse con fuentes de financiamiento interno fruto de las inversiones realizadas para el mejoramiento de los servicios, vía el cobro de contribución de mejoras, en la que el Fondo Nacional de Pre inversión – FONAPRE financia los estudios de proyectos necesarios para la ejecución del programa de desarrollo municipal e infraestructura urbana con fin de realizar obras prioritarias en áreas urbanas y periférico – urbanas, así como en programas de asistencia técnica y capacitación. Cuando los presupuestos pasan a ser conocidos y aprobados por sus órganos legislativos, es decir, desde 1999, las municipalidades realizan sus obras con créditos directos siempre y cuando tengan capacidad de endeudamiento por lo que el límite del mismo no deberá superar del 25 % de los ingresos totales anuales sin incluir el financiamiento, además los presupuestos no podrán ser aprobados si en ellos no consta por lo menos el 10% de los ingresos no tributarios para el financiamiento de programas sociales para grupos de atención prioritaria.

Los egresos están agrupados por funciones, programas y subprogramas; por cada uno de éstos se determinarán los proyectos de inversión y las actividades



a desarrollarse, que de acuerdo al gasto tendrán partidas determinadas por objeto del gasto y unidad de asignación, que se encuentran establecidas en las leyes vigentes de presupuestos del sector público y el COOTAD.

Históricamente la composición del gasto fue cambiando de acuerdo con las necesidades y leyes vigentes. Los gastos se clasifican en corrientes, de operación, de inversión y de capital. Los gastos corrientes están destinados a adquirir bienes y servicios necesarios para las actividades administrativas, y transferir recursos sin contraprestación. Lo integran los rubros de personal, bienes y servicios de consumo, aportes fiscales, gastos financieros como pago de la deuda, otros gastos y transferencias, es decir, son gastos de gestión. Los gastos de producción son aquellos que se dan por actividades de producción para la obtención, transformación y comercialización de bienes y servicios destinados al mercado, que son gastos de personal, bienes y servicios destinados a la producción. Mientras que los gastos de inversión son los que incrementan el patrimonio, y están conformados por gastos de personal, de bienes y servicios destinados a inversión, obras públicas y transferencias de inversión.

El Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador –IERSE- conjuntamente con funcionarios de varios organismos públicos dictó un programa de capacitación no sólo a nivel regional sino nacional, en el área de presupuestos, que con las disposiciones que se tenía y las leyes que continuamente cambiaron y al estar centralizada la aprobación de los presupuestos y las reformas se tenía garantizado por lo menos la aprobación de los mismos. Por otro lado también se realizaron programas conjuntos con la Asociación de Municipalidades

del Ecuador en temas tributarios, de servicios, de legislación, administrativos, desarrollo de proyectos, entre otros; al igual con el Banco del Estado, dictándose varios seminarios para mejoramiento de las finanzas municipales y de elaboración de proyectos.

En forma paralela con los programas de capacitación, el IERSE prestó asistencia técnica en las estructuras orgánicas y funcionales de los municipios de reciente creación, para su funcionamiento y prestación de servicios, así como también desarrolló sistemas informáticos para cobro de servicios administrativos, agua potable y alcantarillado, patentes, levantamiento predial y elaboración del catastro para cobro de impuesto predial urbano con su respectiva normativa; contribución especial de mejoras, entre otros. Con el propósito de que las autoridades y servidores públicos de los gobiernos autónomos descentralizados administren los recursos en forma efectiva y eficiente.

La Universidad del Azuay a través del IERSE ha jugado un rol importante en el fortalecimiento de los gobiernos autónomos descentralizados a través de su planta docente, investigativa y técnica sigue vinculado con la comunidad transfiriendo conocimientos y tecnología.





## **SALUD FAMILIAR INTEGRAL<sup>1</sup>**

**Rodas Andrade, Edgar**

- 
- 1 Reproducción del artículo publicado en *Universidad Verdad* N° 38, *Salud integral*, diciembre 2005, en homenaje a su autor. El Dr. Edgar Rodas, un médico humanista de reconocido prestigio en la ciudad de Cuenca, vinculado directamente a la Universidad del Azuay a más de sus multifacéticas actividades, realizó investigaciones y propuestas sobre salud familiar integral en varios proyectos del IERSE y fue propulsor del programa nacional de formación en medicina familiar.

La expresión SALUD FAMILIAR INTEGRAL, utilizada para describir un sistema de atención de la salud, tiene un contenido y un alcance mucho más profundo que lo que generalmente se piensa. Creemos que es necesario reflexionar sobre cada uno de los términos que componen esta expresión para entender a cabalidad su significado.

## **SALUD:**

No significa solamente la ausencia de enfermedad, La ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, la define como EL ESTADO DE COMPLETO BIENESTAR FÍSICO, MENTAL Y SOCIAL. Esta definición tan concisa comprende, no solamente al ser humano en su totalidad: cuerpo y mente, sino que incluye sus relaciones con el ambiente que lo rodea.

Tenemos sin embargo una DEFINICIÓN ANDINA DE SALUD. En la comunidad indígena de Simiatug, provincia de Bolívar, según Miguel Malo S. (OPS/OMS), se organizó un taller sobre la salud, en el que se pidió a los participantes hacer una definición de ella. Después de largas deliberaciones en su idioma natal, el quichua, llegaron a una definición de consenso, la misma que fue traducida al Español y es como sigue: SALUD ES LA CONVIVENCIA ARMÓNICA DEL SER HUMANO CONSIGO MISMO, CON LOS DEMÁS Y CON LA MADRE TIERRA; TENDIENTE AL DESARROLLO INTEGRAL, A LA PLENITUD Y A LA PAZ ESPIRITUAL, INDIVIDUAL Y SOCIAL. Esta definición, si bien no tan concisa como la de la Organización Mundial de la Salud, es a mi entender mucho mas poética, más completa y más humana. En efecto, considera la salud

como un estado de armonía que comienza con uno mismo y luego se extiende a los otros seres humanos y a la madre tierra, que es la concepción indígena del medio, del ambiente. Además ve esta armonía como un medio que nos lleva al desarrollo integral del ser humano, a la paz interna, personal y la paz entre los seres humanos: la paz social “La Salud viene a ser sinónimo de lo que hoy llamamos DESARROLLO HUMANO”.

## **SALUD FAMILIAR**

En el Ecuador se han diseñado numerosos programas de salud durante diferentes gobiernos. Todos ellos han sido bien concebidos y realizados por expertos, con participación comunitaria y con la asesoría de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Todos los programas enfatizan en la prevención de la enfermedad, promoción de la salud y cuidado especial del niño y de la madre. No sería correcto afirmar que todos estos planes han fracasado, puesto que ha existido un progreso significativo en la situación de salud del país, como los indicadores de salud lo atestiguan. Sin embargo, la situación deja mucho que desear y aún mantenemos un estado de retraso comparado con el resto del mundo y aun de América Latina.

La situación es peor en el campo, especialmente entre la población indígena. El campo está generalmente atendido por médicos rurales que prestan un año de servicio luego de su graduación como médicos. Ellos son los encargados de ejecutar el plan de salud desde un sub-

centro de salud generalmente mal equipado y desprovisto de medicamentos e insumos.

Estos médicos están a cargo de una población entre 5000 y 10000 habitantes y en algunos casos aun mayor, población dispersa en una amplia área geográfica. Esta situación hace imposible realizar una atención médica sistemática y estos jóvenes médicos terminan atendiendo en el sub-centro de salud la demanda espontánea de los pacientes. Solo ocasionalmente tienen la oportunidad de realizar promoción de la salud o prevención de la enfermedad, y la falta de recursos orienta la atención a un tratamiento simplemente sintomático. Esta es la razón por la que planes de salud tan bien diseñados no tienen los resultados esperados. Se explica cuidadosamente lo que hay que hacer; pero no se explica cómo hacerlo, no se especifican estrategias, ni se proveen los medios para llevar a cabo los diferentes sub-programas.

Para resolver este problema creemos que es necesario tener un equipo de salud a cargo de un grupo definido de familias en un área geográfica específica. El equipo de salud podría estar formado por un médico y una enfermera, sin embargo, ante la falta de enfermeras, decidimos integrarlos con una auxiliar comunitaria, que es una persona que ha terminado por lo menos la instrucción primaria, que tenga interés por la salud y que resida en la zona asignada al equipo. El equipo será responsable de la atención personal de cada miembro de familia y tomará a su cargo la promoción de la salud, la prevención de la enfermedad y la atención de la patología, y mantendrá actualizada la información necesaria.

La experiencia en numerosos países ha demostrado que el número ideal de familias está entre 120 a 200 (600 a 1000 personas). En nuestro medio, sin embargo, debido a la situación del país, creemos que con dedicación y entusiasmo es posible atender entre 250 y 300 familias (1250 a 1500 personas).

En las ciudades, la necesidad de médicos familiares es también muy grande, médicos que comprendan al ser humano total y no como un agregado de órganos o sistemas; con una concepción de la salud de acuerdo con las definiciones que hemos citado y no vean a su ejercicio profesional solamente como una serie de enfermedades que hay que curar. No pretendemos ignorar la necesidad de especialistas; su aporte a la salud es indispensable en casos especiales; sin embargo es muy importante que ellos tengan una visión universal y desde esta visión, asuman el papel que les toca desempeñar. La demanda del público por médicos familiares es muy grande, como lo prueba el éxito que tienen los pocos profesionales que se dedican a este tipo de ejercicio médico.

El sistema familiar enfrenta los problemas de salud con sus múltiples consecuencias en todos los aspectos de la vida, donde ellos tienen su mayor impacto: en el núcleo familiar; pues cuando una persona enferma no se da un problema individual sino que afecta en forma inmediata a toda su familia. El médico debe comprender este hecho y tratar el problema en forma colectiva, entendiendo además que los lazos afectivos comunes contribuyen en forma decisiva a encontrar su solución.



## SALUD FAMILIAR INTEGRAL

El calificativo INTEGRAL, aplicado a la salud tiene un doble significado: por una parte, quiere decir que comprende no solamente la medicina curativa, sino la **prevención de la enfermedad, la promoción de la salud, su recuperación cuando se la ha perdido y la rehabilitación del paciente**. Por otro lado, significa que debe **entendérsela integrada a todas las otras facetas del desarrollo**. (Fig1)



Figura N° 1

Consideramos el desarrollo como la liberación y el cultivo del potencial del ser humano para asegurar su permanente crecimiento, y mejorar su calidad de vida, la cual solamente se da si respondemos a sus necesidades fundamentales que a nuestro entender son: **SALUD, EDUCACIÓN, ALIMENTACIÓN, VIVIENDA Y VESTIDO, COMUNICACIÓN, TRABAJO Y PRODUCCIÓN Y RECREACIÓN.**

Colocamos a la salud en el centro de nuestro esquema, no necesariamente para significar que es lo más importante en términos absolutos, sino que para nosotros, quienes trabajamos fundamentalmente en el campo de la salud, ella, es el centro de nuestra actividad. Un educador muy bien podría colocar a la educación en el centro, o un arquitecto a la vivienda; lo importante es comprender la relación que tienen entre sí todos los aspectos del desarrollo y de la vida.

La respuesta a las necesidades fundamentales del ser humano, debe hacerse siempre **preservando el ambiente** pues nada atenta más contra la salud que su contaminación y alteración, que de continuarse al ritmo actual, se está poniendo en serio peligro la supervivencia de la especie humana y de la vida sobre nuestro planeta. Además, quienes dirigen programas de desarrollo, deberán hacerlo con **participación de la comunidad**, la cual debe tomar parte en las decisiones y en la construcción de sus caminos y metas. Por último, todo programa debe **respetar las libertades individuales y civiles**, pues además de ser este respeto un deber moral, debemos tener presente, que jamás lo impuesto por la fuerza ha perdurado, cuando la presión ha cesado.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE SALUD FAMILIAR INTEGRAL**

La ejecución de un programa de Salud Familiar Integral supone, como hemos manifestado anteriormente, la asignación a un equipo de salud, de un número definido de familias en un área geográfica determinada.

De acuerdo con las políticas de salud y sus lineamientos, y siguiendo las directrices del Plan Nacional de Salud 2000-2005, hemos diseñado un programa de salud que tiene los siguientes 13 subprogramas:

1. Información: Es necesario en primer lugar la información existente, aunque hemos encontrado que generalmente, esta es incompleta. Luego cada equipo de salud visita todos los hogares para conocer a las familias, verificar, corregir o completar la información y llenar la ficha familiar que contiene datos de salud y datos socioeconómicos. Con esta información se elabora una línea de base que será utilizada para tomar decisiones y además servirá de referencia para el monitoreo y la evaluación de nuestra intervención. Estos datos se actualizan cada año.
2. Inmunización: de todos los niños y mujeres embarazadas, de acuerdo con el esquema del Ministerio de Salud.
3. Control de crecimiento y desarrollo-nutrición: Se examina regularmente a los niños menores de 5 años, se registra su peso y estatura y se tratan

los problemas de desnutrición encontrados; se administran los suplementos nutricionales que provee el Ministerio de Salud y se provee de educación a la madre, referente al cultivo y preparación de alimentos, pues creemos que esta última estrategia es mucho más efectiva y sustentable.

4. Atención integrada de las enfermedades prevalentes de la infancia (AIEP): Esta estrategia ha sido diseñada por la OMS/OPS para tratar las enfermedades más comunes de los niños como son infección respiratoria alta (IRA), enfermedad diarreica aguda (EDA), desnutrición, parasitismo y cualquier otra enfermedad prevalente en la comunidad.
5. Salud escolar: Los niños de las escuelas se examinan periódicamente para detectar y tratar cualquier condición patológica como desnutrición crónica, problemas visuales, auditivos parasitismo intestinal y enfermedades dermatológicas. Se procura además el mejoramiento del ambiente escolar (escuelas saludables).
6. Salud sexual y reproductiva: Este subprograma comprende:
  - Educación sexual y reproductiva
  - Planificación familiar
  - Cuidado prenatal y postnatal
  - Atención del parto
  - Estimulación de la lactancia materna
  - Prevención y tratamiento de enfermedades de transmisión sexual

- Detección oportuna de cáncer de mama, útero y próstata
  - Problemas de género
7. Programas para la juventud: deporte y recreación, prevención de drogadicción, alcoholismo y consumo de cigarrillo.
  8. Atención de ancianos y discapacitados en coordinación con las organizaciones comunitarias.
  9. Salud oral: programas preventivos y curativos.
  10. Salud mental: violencia intrafamiliar, maltrato al menor, seguridad.
  11. Atención de problemas patológicos generales: los médicos estarán de guardia en el sub-centro de salud que funcionará 24 h. al día; la farmacia atenderá también 24h. al día. Se establecerán puestos de salud estratégicos en las comunidades. Los pacientes que requieran atención secundaria o terciaria serán referidos a los hospitales del Ministerio de Salud, al programa de Cirugía Móvil de la Fundación Cinterandes o a otras instituciones.
  12. Programa para estudiar la medicina tradicional como alternativa a la medicina académica, rescate de los conocimientos ancestrales y la cosmovisión andina. Se cultivarán huertos medicinales en cada sub-centro de salud.
  13. Programa de salud ambiental y saneamiento básico: se realizará en coordinación con las instituciones

responsables: Juntas de Agua, Junta Parroquial, Municipalidad de Cuenca y sus empresas.

Es importante enfatizar que todos los subprogramas tienen un importante componente educacional, con énfasis especial en su dirección hacia las madres de familia. Los programas se planifican, organizan, ejecutan y evalúan con participación de la comunidad.

## **LA EXPERIENCIA DE SANTA ANA**

Santa Ana es una parroquia rural del cantón Cuenca, situada a 18 Km. al sureste de la ciudad. Consta del centro parroquial y 16 comunidades distribuidas en un área aproximada de 46 km<sup>2</sup>.

Según el censo de 2001, tiene 4775 habitantes y en la última actualización de datos realizada por la Fundación Cinterandes, en 2005, cuenta con 4525.

Según los estudios realizados por el Programa de Población y Desarrollo Local Sustentable (PYDLOS) de la Universidad de Cuenca, poco antes de comenzar el programa, las condiciones de vida, como en todas las zonas rurales del país, eran muy pobres. La salud mostraba todos los indicadores de las áreas subdesarrolladas: alta incidencia de enfermedades infecciosas, desnutrición crónica con una tasa del 64.7% en menores de 5 años y altas cifras de mortalidad materna e infantil.

El porcentaje de analfabetismo fue de 13.8%; solamente, el 29.6% de los adultos había completado la educación primaria; y únicamente, 0.4% de la población había llegado a la educación superior.

Si bien, casi todas las familias tienen vivienda propia, el grado de hacinamiento e insalubridad son alarmantes; pues, el 60.8% de las viviendas tiene un solo cuarto; el 74.98% carece de agua intradomiciliar; solamente, el 14.3% tiene servicio higiénico; y apenas, 7.4% cuenta con servicio telefónico.

El 44.5% es población económicamente activa (PEA) y en su mayoría son artesanos y obreros; 6.5% de la PEA indica que está buscando trabajo.

Para realizar el programa de Salud Familiar Integral, se dividió a la parroquia en cuatro zonas y se encargó cada una de ellas a un equipo de salud formado por un médico y una auxiliar comunitaria residente en la zona.

Luego de cuatro años de trabajo tenemos los siguientes resultados principales:

**Información:** Se mantiene una información actualizada sobre población y distribución etaria en cada una de las 4 zonas, al igual que la información sobre los resultados anuales en cada uno de los componentes del Programa.

**Inmunización:** Se mantiene el 100% de cobertura en vacunación infantil, según los esquemas del Ministerio de Salud.

### **Control de crecimiento y desarrollo:**

Se alcanzó 4.3 controles anuales en niños menores de 1 año y 5.1 controles en niños de 1 a 4 años. La disminución de la desnutrición es dramática como se puede apreciar en las siguientes cifras y figuras (Fig. 2 y 3)

<b>Desnutrición en menores de 1 año</b>	<b>Año 2002 %</b>	<b>Año 2003 %</b>	<b>Año 2004 %</b>	<b>Año 2005 %</b>
Niños en riesgo	28.43	5.6	4.40	2.58
Desnutrición leve	12.75	13.48	2.52	2.58
Desnutrición moderada	8.82	2.25	1.89	-

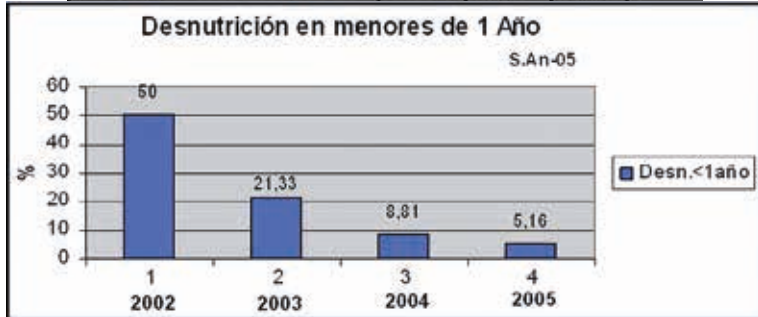


Figura N° 2

<b>Desnutrición en niños de 1 a 4 años</b>	<b>Año 2002 %</b>	<b>Año 2003 %</b>	<b>Año 2004 %</b>	<b>Año 2005 %</b>
Riesgo de desnutrición	32.29	7.09	11.35	11.94
Desnutrición leve	23.79	16.7	15.59	10.41
Desnutrición moderada	7.17	1.83	1.33	0.65
Desnutrición grave			0.22	-



Figura N° 3



**Control escolar:**

Se realizó el control escolar 2 veces en el año, y el tratamiento de las patologías encontradas.

La desnutrición escolar crónica ha disminuido consistentemente. (Fig. 4)

ESCOLARES	2002 %	2003 %	2004 %	2005 %
Riesgo de desnutrición				1.95
Desnutrición crónica	29.89	23.32	14.82	9.54



Figura N° 4

**Salud sexual y reproductiva:** Se ha logrado el 100% de control prenatal y post-parto. Gracias a la educación a las madres, la atención institucional del parto ha mejorado notablemente (Fig.5).

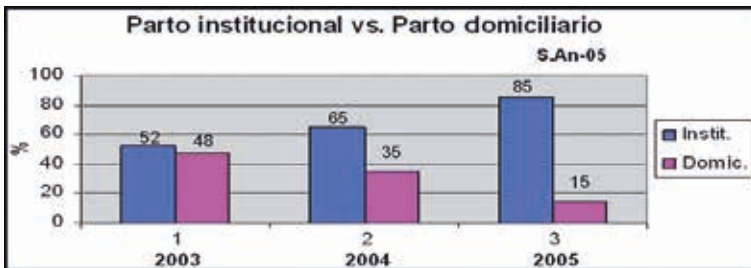


Figura N° 5

**Atención de la patología:** Se mantiene la atención de 24 horas en el subcentro de salud, y atención regular en los 14 puestos comunitarios.

Durante el 2005 se realizaron 2885 consultas de morbilidad en Santa Ana y 573 consultas de morbilidad de pacientes de otras zonas, con un total de 3.458 consultas.

Del total de consultas (9098) el 32% corresponde a morbilidad. El 68% corresponde a consultas de fomento de salud.

Se está llevando el registro de pacientes crónicos.

Se ha organizado un botiquín que sirve a la comunidad 24 horas y cuya administración está a cargo de la Junta Parroquial.

Se mantiene el servicio básico de laboratorio que funciona 4 horas diarias.

**Medicina tradicional:** Se está realizando la recolección de datos sobre plantas medicinales y tradiciones en salud de la comunidad. Se mantiene un huerto demostrativo de plantas medicinales en el Centro de Salud.

Estos resultados nos muestran la eficacia del programa y actualmente se ha comenzado también en las parroquias de Sinincay y Chaucha del cantón Cuenca y en los cantones de Chordeleg y Nabón, donde esperamos obtener resultados similares.

## DESCENTRALIZACIÓN

Una de las condiciones necesarias para que un programa de salud familiar funcione es la descentralización. Nuestros programas no pretenden duplicar las acciones del Ministerio de Salud, sino integrarse a ellas y sumar esfuerzos. En algunos lugares hemos conseguido la colaboración de los jefes de área para integrar la información y las acciones de salud y se nos ha facilitado el uso de biológicos y medicamentos que posee el Ministerio para administrar a la población, sin embargo las continuas interrupciones debidas a los inhumanos e ilegales paros de la salud hacen que no exista un trabajo fluido. Estamos seguros que la situación sería mucho mejor si fuera manejada por los gobiernos locales.

Casi todos los ecuatorianos coincidimos en que uno de los más serios problemas del país es la centralización. El poder se concentra en las manos de la burocracia central; la administración a distancia no permite la identificación de los problemas reales; las soluciones tardan en llegar debido a la lentitud de los trámites y se propicia la corrupción y las coimas para lograr el despacho de las solicitudes de las provincias.

La administración descentralizada, al contrario, permite la identificación de los problemas, facilita la toma de decisiones, agiliza los procedimientos necesarios para su resolución, facilita la participación ciudadana y el control de la corrupción.

Para evitar la atomización del sector con la consecuente anarquía, se requiere de la existencia de un solo plan de

salud para todo el país y una autoridad fuerte que pueda mantener la unidad. Se necesita lo que se ha dado en llamar, la rectoría del Ministerio de Salud.

Las ventajas de la descentralización son tan claras y los ejemplos mundiales sobre sus buenos resultados tan abundantes, que solamente quienes se benefician del poder centralizado se oponen a ella. Estos beneficiarios son: la burocracia central y la dirigencia sindical, fuerzas poderosas que hasta ahora han sido un pesado lastre para la descentralización del Estado.



