

# universidad verdad

N° 60

**INVESTIGACIÓN  
BIOLÓGICA Y TECNOLÓGICA**

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY

Abril 2013

# **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**  
**Ing. Francisco Salgado Arteaga**

Diagramación

**Mario Merchán Barros**

Diseño de portada

**MasakiSanto**

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 981

Teléfono: 4091000

Cuenca - Ecuador

# **INVESTIGACIÓN BIOLÓGICA Y TECNOLÓGICA**



## CONTENIDO

NOTA EDITORIAL	7
POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY Guillén Jacinto	9
DESCUBRIENDO LA FLOR DEL AMANCAY DE CUENCA Minga Danilo, Molina Cecilia, Verdugo Adolfo, Lituma Ramiro	29
INFLUENCIA DE LA GANADERÍA EN LA COMUNIDAD DE AVES DE PÁRAMO EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS Samaniego Gabriela, Nieto Andrea	43
LA AVIFAUNA DEL PARQUE NACIONAL CAJAS Y DE LA RESERVA MAZÁN CON NOTAS SOBRE LOS REGISTROS NUEVOS E IMPORTANTES Astudillo Pedro, Siddons David, Tinoco Boris	71
DIVERSIDAD Y PREFERENCIAS DE HÁBITAT DE ANFIBIOS EN CUATRO MICROCUENCAS DEL PARQUE NACIONAL CAJAS (PNC) Sánchez Juan Carlos, Celi Elvis	101

EL HERBARIO AZUAY: UN CENTRO DE INFORMACIÓN REGIONAL SOBRE DIVERSIDAD VEGETAL Ansaloni Rafaela, Minga Danilo, Verdugo Adolfo	117
RECICLAJE DEL ALUMINIO PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS PARA AUTOMOTORES MEDIANTE COLADO EN MOLDES DE HIESO Viteri Hernán, Sacoto Roberto, López David	133
DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA PARA REALIZAR PRÁCTICAS DE ELECTROTECNIA Crespo Pedro, Mora Pablo, Peñafiel Bernarda	177
MAPA DE RUIDO DEL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE CUENCA Delgado Omar; Martínez Julia	199
CALLEJERO DE CUENCA: DESARROLLO, IMPLEMENTACIÓN Y PUBLICACIÓN DE UN SISTEMA GEOGRÁFICO PARA LA GESTIÓN VIAL Y EL CONTROL URBANO DEL CANTÓN CUENCA Pacheco Diego, Sellers Chester	243
FOTOGRAMETRÍA ARQUITECTURAL: UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO Ochoa Paúl	263

## NOTA EDITORIAL

Decía Platón que la curiosidad es la madre de la sabiduría. Nuestra capacidad de razonar nos lleva a buscar las causas de aquello que la experiencia nos muestra. A diferencia de los demás integrantes del reino animal, cuya relación con el entorno físico se limita a responder a los estímulos que provienen del mundo exterior- alteración denomina Ortega y Gasset- los seres humanos podemos traer a nuestro interior las ideas, analizarlas y retornar a los objetos con iniciativas distintas que nos permiten intervenir e ir más allá de la apariencia, a este hecho el mismo filósofo español denomina ensimismamiento.

Esencial al ser humano es la insatisfacción, es decir no estar conformes con los entornos físico y humano en el que nuestras vidas se desarrollan. Buscamos el cambio con el propósito de mejorar y, en uso de nuestra creatividad, más allá de adaptarnos a la situación, adaptamos la realidad externa a lo que nosotros consideramos más adecuado para nuestra forma de vida. La historia de la humanidad es, en gran medida, la secuencia de cambios tecnológicos que hemos introducido, lo que nos ha permitido, hasta cierto punto, relacionarnos con el mundo de manera diferente a la de los animales. Tratamos de superar la insatisfacción interviniendo en la realidad externa.

La investigación para desvelar lo desconocido y mejorar las relaciones con los entornos naturales avanza cada día más y se torna más compleja por los ámbitos que aborda, aunque se cuente con medios técnicos apropiados. La investigación existirá mientras el ser humano exista.

Si la razón de ser de la universidad es la búsqueda y comunicación del saber, la investigación es esencial a ella. En la Universidad del Azuay un decanato general se encarga de este proceso para organizarlo, orientarlo, controlarlo y prestar las facilidades que se requieran.

Esta entrega de Universidad Verdad contiene artículos de investigación provenientes de este decanato, que aborda dos áreas del pensamiento vinculadas a la realidad física. Cada vez más se requieren avances tecnológicos para mejorar las relaciones con objetos que requerimos, como es el caso del reciclaje que positivamente nos libera de ese mal que se llama basura. La electrotecnia avanza cada vez más, siendo indispensable saber adecuadamente como manejarla adecuadamente. En los sectores urbanos el ruido genera una contaminación dañina que debe controlarse adecuadamente.

Las relaciones con el entorno biológico deben ser optimizadas. Por una parte hay que ampliar los conocimientos sobre su realidad, para satisfacer la necesidad de saber que todos tenemos y para, contando con datos apropiados, poder realizar políticas y acciones que busquen su preservación y adecuación de técnicas de explotación. Vivir es saber, pero ante todo es actuar. Las metas y resultados de nuestro saber y actuar se facilitan y culminan en mejores resultados mientras más amplio y completo sea el conocimiento de las condiciones de los ecosistemas.

Además de proporcionar información sobre investigaciones, este número pretende dar a conocer cómo una adecuada organización académica se traduce en resultados serios y confiables.



## **POLÍTICAS DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**Jacinto Guillén García**

Decano General de Investigaciones de la  
Universidad del Azuay

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

## 1. **Presentación**

La calidad en la formación que proporcione un centro de educación superior debe estar estrechamente ligada al medio externo, no puede limitarse únicamente a un aprendizaje instrumental eficaz. Los profesionales que se formen, a más de tener un elevado nivel académico, deben estar preparados para impulsar comunidades de aprendizaje y conocimiento, dar respuestas correctas a las necesidades de transferencia tecnológica, estar en capacidad de identificar y producir saberes ligados a las necesidades endógenas del entorno y proponer alternativas de trabajo para constituirse en generadores de empleo.

Para cumplir satisfactoriamente con los citados propósitos, a lo largo de los años, en la Universidad del Azuay se han establecido variadas estrategias y desarrollado múltiples esfuerzos; meritorios, en la medida en que las actividades relacionadas con las funciones de investigación y vinculación con el medio externo se las ha cumplido en un entorno complejo, caracterizado por limitaciones de orden económico e influenciado por factores exógenos.

La institucionalización de las funciones de investigación y servicio a la sociedad, ha sido posible gracias a que se constituyó el Decanato General de Investigaciones; dependencia de elevado rango en la organización funcional de la Universidad, cuyas actividades, entre otras, son: realizar la gestión relacionada con las antedichas funciones universitarias; establecer políticas y generar estrategias que permitan desarrollar procesos inherentes a la investigación, desarrollo e innovación; fomentar y gestionar la ejecución de proyectos aplicados en beneficio

de la colectividad, manteniendo nexos de cooperación con organismos encargados del desarrollo, organizaciones no gubernamentales y empresas públicas y privadas.

## 2. Marco de acción y objetivos

La investigación es una función sustantiva de la Universidad del Azuay y su importancia se la reconoce institucionalmente en su Plan Estratégico.

El propósito general de fortalecer las políticas actuales y establecer nuevas políticas de investigación institucionales, declarándolas formalmente, está ligado al objetivo de reorganizar las actividades de investigación, desarrollo, innovación y productividad intelectual, en la búsqueda de lograr que la Universidad optimice sus recursos de vinculación con la sociedad y aporte a la solución de sus necesidades, en concordancia con su rol frente al Plan Nacional de Desarrollo, la Ley Orgánica de Educación Superior (LOES), las normas y reglamentos establecidos por la Secretaría Nacional de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación (SENESCYT), así como cumplir con su misión: *“Somos una comunidad universitaria de pensamiento crítico, comprometida éticamente con la sociedad, que aporta a la ciencia y al conocimiento para lograr el desarrollo integral de nuestro entorno”*.

Los mecanismos a ser implementados, referidos a las políticas y estrategias que se establecen en el presente documento, propenden a que se logren concretar los siguientes objetivos específicos:

- 1) Mejorar cualitativamente las actividades relacionadas con los procesos de investigación, desarrollo,

innovación, transferencia y difusión de los saberes, con miras a elevar la calidad científica de los aportes que se puedan generar, buscando conseguir mayor relevancia e impacto, a la vez que procurando insertar a la Universidad del Azuay en las corrientes de creación de nuevo conocimiento interdisciplinario.

- 2) Fortalecer la capacidad institucional para el desarrollo de la investigación mediante normas y reglamentos oportunos, acompañados de herramientas ágiles de gestión administrativa; mejora y ampliación de la infraestructura de laboratorios y talleres, dotándolos de equipamiento funcional y adecuado.
- 3) Vincular en forma permanente y efectiva la labor de la Universidad con los sectores académicos de la región y el país, así como con la comunidad científica internacional.
- 4) Promover la obtención de resultados de investigación genuinos, objetivamente verificables, que logren aceptación en la comunidad científica y que puedan difundirse a través de medios especializados, con el propósito de alcanzar visibilidad nacional e internacional.
- 5) Procurar que los resultados, tanto tangibles como intangibles, que se obtengan del desarrollo de los procesos vinculados con la investigación sean pertinentes y que aporten a solucionar necesidades concretas de la sociedad.
- 6) Realizar la gestión administrativa de manera eficaz, optimizando el uso de los recursos que se asignen a las actividades vinculadas con la investigación.

### 3. Políticas de investigación

Las actividades relacionadas con la investigación han ganado importantes espacios relacionados con el quehacer universitario, convirtiéndose en consustanciales con su desarrollo y proyección; sin embargo, para garantizar su sostenibilidad es fundamental que se mantengan, fortalezcan e implementen las políticas necesarias.

#### 3.1. Políticas generales

##### a) **Mantener apoyo permanente y directo a la gestión de la investigación**

La Universidad mantiene e impulsa el funcionamiento del Decanato General de Investigaciones. En el futuro se mantendrán las estructuras que permitan fortalecer e impulsar los procesos vinculados con la investigación, el desarrollo y la innovación tecnológica, proveyendo en el presupuesto de cada año los recursos respectivos.

##### b) **Mantener y fortalecer los nexos de vinculación con el entorno**

La Universidad del Azuay, a lo largo de su trayectoria, ha generado organismos propios dedicados a impulsar su vinculación con sectores específicos de la sociedad, como el Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE), el Centro de Estimulación Integral y Apoyo Psicoterapéutico de la Universidad del Azuay (CEIAP), el Consultorio Jurídico Gratuito, el Herbario Azuay, los consultorios médicos, el Centro de Diseño Textil, el laboratorio de análisis microbiológico y el laboratorio de análisis químico para agua y suelos.

La Institución mantendrá su apoyo y generará mecanismos que permitan el funcionamiento y fortalecimiento de sus unidades de vinculación con el medio externo.

**c) Institucionalizar los “Ejes Centrales de Investigación”**

Partiendo de la concepción de que una “Línea de investigación” es un eje ordenador que permite sistematizar y articular proyectos y programas, interrelacionándolos entre sí, para lograr construir procesos sostenidos y multidisciplinarios que generen aportes significativos a la comunidad científica o resultados aplicables a la sociedad. La Universidad del Azuay institucionalizará algunos ejes centrales de investigación, para que estos se constituyan en lo medular de la organización del sistema de investigación, al dotarlos de talento humano, infraestructura y equipamiento.

**d) Impulsar una estructura organizacional que vincule la investigación formativa con los “Ejes Centrales de Investigación”**

Cada escuela o carrera de la Universidad establecerá “Líneas de Investigación” concordantes con los objetivos de formación necesarios para lograr el perfil profesional requerido; estas líneas de investigación se mantendrán activas a través del desarrollo de tesis y ejecución de proyectos pertinentes. El personal académico asignado en cada caso, mantendrá vinculación y dependencia con el o con los correspondientes “Ejes Centrales de Investigación” establecidos por la Universidad, permitiendo la debida articulación entre el Decanato General de Investigaciones y las diferentes unidades académicas.

e) **Integrar las actividades de investigación con el Departamento de Postgrados**

Las actividades de investigación, ordenadas en los ejes respectivos, serán las bases que sustenten los programas de postgrado. El personal académico permanente vinculado a cada línea de investigación medular se vinculará directamente con el correspondiente programa de posgrado, mediante su participación activa en el desarrollo de tesis y preparación de artículos científicos; actividades en las que tendrán coautoría.

f) **Proveer de recursos económicos para impulsar el desarrollo de programas y proyectos pertinentes**

La Universidad mantendrá un fondo permanente para financiar proyectos e iniciativas de investigación y vinculación con el medio externo. La ejecución de estas actividades estará supeditada a su pertinencia y a que sean seleccionadas en las convocatorias respectivas.

g) **Priorizar la participación de profesores, estudiantes y personal técnico académico**

Las actividades relacionadas con la investigación deberán ser desarrolladas preferentemente por los profesores de planta de la Universidad, los mismos que deberán mantener vínculos con el área académica respectiva, propendiendo a que en ellas participen estudiantes, con el propósito de fortalecer su proceso formativo y, además personal técnico académico, a fin de optimizar el uso de los recursos existentes en los organismos internos.

Solo se permitirá la participación de personal externo en condiciones excepcionales, como la ejecución de proyectos enmarcados en redes temáticas a las que pertenece la Universidad o, cuando se demuestre en forma documentada la necesidad y beneficio de participación de algún experto de reconocido prestigio, que no forme parte de la planta universitaria.

**h) Fomentar el respeto a la propiedad intelectual y derechos de autor**

En sujeción a la ley, la Universidad garantizará el respeto a la propiedad intelectual de los productos que resulten de la actividad científica, tecnológica, artística o académica, para lo cual se establecerá un instructivo en el que se establecerán las formalidades y responsabilidades que deberán asumir los partícipes en los procesos de producción de conocimiento, así como los respectivos reconocimientos. Todo ello enmarcado en la Ley de Propiedad Intelectual.

**i) Incentivar la participación del personal académico en labores relacionadas con la investigación**

Las labores de investigación que ejecuten los profesores serán parte de su evaluación, así como la producción científica que logren consolidar, será preponderante para su categorización o promoción de nivel, conforme lo establece el *Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor e Investigador del Sistema de Educación Superior*.

### 3.2. Políticas para el cumplimiento de los objetivos específicos

- Para la consecución del primer objetivo:

*(Mejorar cualitativamente las actividades relacionadas con los procesos de investigación, desarrollo, innovación, transferencia y difusión de los saberes, con miras a elevar la calidad científica de los aportes que se puedan generar, buscando conseguir mayor relevancia e impacto, a la vez que procurando insertar a la Universidad del Azuay en las corrientes de creación de nuevo conocimiento interdisciplinario).*

#### a) Fortalecer la base cognoscitiva institucional

La incorporación de nuevas áreas temáticas a los procesos de investigación, así como el enfoque renovado tendiente a su crecimiento sostenido, determinan la necesidad de capacitación y actualización de la planta académica disponible, como también la incorporación de profesionales titulados al más alto nivel, con potencial para investigar, desarrollar y transferir conocimiento.

La Universidad, a través del Decanato General de Investigaciones y del Departamento de Educación Continua, estructurará programas anuales de formación y perfeccionamiento para su personal docente. También asegurará, mediante la respectiva reglamentación, que el personal que ingrese a laborar en la Institución tenga perfiles adecuados, cuente con altos niveles de formación y sobresalientes referencias de comportamiento ético, a fin de garantizar aportes reales y concretos.

El presupuesto anual de la Universidad considerará una reserva económica que permita establecer estrategias de apoyo a sus profesores a fin de que puedan mejorar sus niveles de formación en universidades nacionales y extranjeras de reconocido prestigio.

La Institución propenderá al establecimiento de alianzas estratégicas con universidades nacionales o extranjeras tendientes a ofertar programas de postgrado, a nivel de maestrías académicas o doctorados, en condiciones que favorezcan el acceso de sus profesores y profesoras.

Por otra parte, se coordinarán las acciones necesarias para que la biblioteca de la Institución disponga de material bibliográfico actualizado y suficiente, así como permita el acceso a bases de datos y bibliotecas digitales, manteniendo un buen nivel de conectividad.

#### **b) Evaluar en forma permanente y objetiva las tareas de investigación y sus resultados**

Las actividades de investigación que se realicen en la Universidad del Azuay se conducirán con pautas de valoración permanente, verificando, entre otros aspectos, la calidad, pertinencia, utilidad, potencial de transferencia, originalidad, creatividad, etc. La evaluación de los resultados alcanzados será medida en base a criterios que permitan objetividad, como el cumplimiento de los indicadores formulados para las actividades programadas, informes favorables de pares académicos y aprobación de publicación en revistas indexadas para los artículos científicos que resulten de los proyectos desarrollados, nivel de impacto y aceptación social.

### **c) Impulsar el desarrollo equilibrado de las áreas temáticas de investigación**

Con el propósito de lograr el desarrollo armónico de la Universidad del Azuay en su conjunto, se propenderá a que exista un adecuado balance en el estímulo al desarrollo de los procesos vinculados con la investigación en todas las áreas, de forma tal que esas actividades sean parte activa y permanente del quehacer cotidiano de todas las carreras y programas ofertados por la Institución.

➤ Para la consecución del segundo objetivo:

*(Fortalecer la capacidad institucional para el desarrollo de la investigación, mediante: normas y reglamentos oportunos, acompañados de herramientas ágiles de gestión administrativa; mejora y ampliación de la infraestructura de laboratorios y talleres, dotándolos de equipamiento funcional y adecuado).*

#### **a) Establecer tiempos de dedicación a las actividades de investigación para el personal académico**

En el distributivo semestral de actividades a ser desarrolladas por los profesores, la Universidad asignará tiempos de dedicación para las tareas de investigación establecidas en el artículo 7 del Reglamento de Carrera y Escalafón del Profesor Investigador del Sistema de Educación Superior. Las referidas labores podrán estar relacionadas con el mantenimiento de las “Líneas de Investigación” establecidas en cada una de las carreras y programas, o también con los “Ejes Centrales de Investigación” institucional, en concordancia con el esquema de organización de las labores de investigación en el establecimiento.

**b) Estandarizar procedimientos y establecer normas para el desarrollo de las actividades relacionadas con la investigación**

Con el propósito de que las actividades relacionadas con la investigación en los diferentes niveles se cumpla de manera sistemática y organizada, entre otros, se establecerán mecanismos como: instructivos relacionados con las funciones que deberán cumplir los docentes a los que se les asigne labores de investigación, así como su evaluación; manuales normativos para la presentación de propuestas de investigación, trabajos de grado y tesis de posgrado; guías metodológicas y preceptos relacionados con la elaboración de informes y presentación de resultados.

**c) Mantener infraestructura física funcional y equipamiento adecuado**

En concordancia con sus disponibilidades de recursos financieros, la Universidad mantendrá infraestructuras que posibiliten el desarrollo de proyectos, así como la consolidación e institucionalización de sus líneas medulares de investigación, dotando a dichas instalaciones del equipamiento y los recursos materiales necesarios.

En todos los casos se procurará que los equipos disponibles tengan características adecuadas y brinden respuestas acordes con la constante evolución tecnológica.

**d) Acreditar los procesos de gestión y los procedimientos que se realicen en los laboratorios y talleres**

La Universidad emprenderá las acciones necesarias para que sus organismos funcionen cumpliendo normas de

seguridad, calidad y desarrollo organizacional reconocidas internacionalmente, a más de que satisfagan los parámetros exigidos en el Ecuador. Así también propenderá a que los procedimientos que se ejecuten en sus laboratorios estén debidamente certificados.

- Para la consecución del tercer objetivo:

*(Vincular en forma permanente y efectiva la labor de la Universidad con los sectores académicos de la región y el país, así como con la comunidad científica internacional).*

- a) **Sustentar los procesos de investigación en atención a la ley, reglamentos relacionados y cumplimiento de objetivos nacionales**

La contribución generada por la Universidad, tanto como parte proactiva de la solución de las demandas de la sociedad, cuanto por la producción científica y tecnológica ligada a sus propios objetivos, no podrá separarse del contexto planteado para el desarrollo de la educación superior en el Ecuador, razón por la que las actividades ligadas a la investigación, se ejecutarán enmarcadas en la Ley Orgánica de Educación Superior, los reglamentos establecidos por la SENESCYT y responderán, preferentemente, a las necesidades que identifique la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

- b) **Sostener una postura permanente de colaboración y búsqueda de beneficio mutuo con instituciones y organismos vinculados con la investigación**

Valorar la pertinencia científica y social de la labor desarrollada, asegurar la eficacia en la transferencia tecnológica hacia

los otros sectores, consolidar niveles de evaluación crítica de pares académicos, elevar los niveles de calidad en el servicio, potenciar los recursos destinados a la investigación y la vinculación con el medio externo, son mecanismos de retroalimentación posible, en la medida en que la Universidad del Azuay mantenga y fortalezca su característica de apertura para establecer nexos de cooperación, mutuamente ventajosa, con universidades, centros de investigación y organismos afines. Para ello robustecerá y sistematizará a través de su área de relaciones externas, el cumplimiento de los convenios y compromisos acordados, a la vez que mantendrá actitudes de búsqueda continua de nuevas oportunidades.

**c) Participar activamente en redes de investigación e innovación**

El aprendizaje compartido es la tendencia que marca el desarrollo presente de las organizaciones de ciencia y tecnología en América Latina, puesto que constituye una de las alternativas para superar las limitaciones de recursos y la denominada “brecha tecnológica”. Esta condición de crecimiento y beneficios mutuos es posible a través de la conformación de las denominadas redes de investigación e innovación, modalidad hoy presente en el país. La Universidad del Azuay impulsará la participación activa, tanto institucional como de sus investigadores, en las redes afines a sus ejes ordenadores de investigación.

**d) Priorizar enfoques sistémicos e interdisciplinarios para asegurar la efectividad de los productos de investigación**

Los procesos de investigación institucionales, ligados a sus líneas de investigación medular o ejes ordenadores de

investigación, en lo posible deberán mantener enfoques que permitan interdisciplinaridad y consoliden la posibilidad de integrar los aportes de carácter científico o tecnológico con los aspectos de orden legal, social y económico, en búsqueda de lograr el mayor impacto en la sociedad y conseguir aplicabilidad de los resultados.

➤ Para la consecución del cuarto objetivo:

*(Asegurar la obtención de productos de investigación genuinos, objetivamente verificables, cuyos resultados sean aceptados por la comunidad científica y puedan difundirse a través de medios especializados, alcanzando de esta manera visibilidad nacional e internacional)*

a) **Salvaguardar la calidad, originalidad y pertinencia de los resultados de investigación**

Al perseverar en actitudes de racionalización de los esfuerzos institucionales, se sustentarán exigencias que viabilicen obtener elevados niveles de productividad investigativa, propendiendo a lograr resultados científicamente válidos, que signifiquen un aporte oportuno y novedoso a las necesidades de la Universidad y la sociedad en su conjunto. Por ello, en cada programa o proyecto de investigación se deberá adjuntar un informe del estado y avances relacionados con la pregunta de investigación referida a la temática abordada, a fin de que se establezcan las tendencias y los enfoques apropiados para su tratamiento, además de que se garantice su originalidad.

**b) Acreditar sentido ético en cada programa o proyecto**

El entorno en que se desarrollen los procesos ligados con la investigación, para que estos puedan ser valorados por la comunidad científica, debe estar caracterizado por la conciencia ética, la bioseguridad, la preservación ambiental y el respeto por la riqueza cultural y natural del territorio.

En el referido marco, la Universidad del Azuay impulsará la conformación de un Comité de Bioética, organismo que analizará y otorgará el aval para el desarrollo de los procesos y proyectos que involucren a seres vivos.

Y, por otra parte, como requisito previo para iniciar el desarrollo de cada programa o proyecto, el organismo responsable de la investigación en la Institución exigirá al grupo proponente un informe que especifique los potenciales efectos ambientales o afectaciones al patrimonio cultural, que eventualmente podrían suceder, así como la forma en que estos efectos serían minimizados.

**c) Fomentar la publicación de los resultados de los procesos de investigación y fortalecer los mecanismos para su difusión**

Difundir los conocimientos, hallazgos, desarrollos o innovaciones que se alcancen como producto de las actividades inherentes a la investigación será tarea fundamental para lograr que la comunidad científica conozca y valore la contribución que se pueda brindar, así como para que el entorno social se beneficie efectivamente de la acción universitaria. Por estas razones la Universidad del Azuay:

- Robustecerá los medios de difusión periódica con que cuenta, indexándolos, para permitir la publicación de los resultados obtenidos en los diferentes procesos,
  - Establecerá incentivos a la generación de artículos científicos publicables en revistas científicas reconocidas,
  - Apoyará la organización de seminarios, talleres, congresos y más eventos que posibiliten su integración con la comunidad científica, e impulsará la participación activa de sus investigadores en eventos de carácter académico o científico para posibilitar la exposición de los resultados alcanzados.
- Para la consecución del quinto objetivo:

*(Procurar que los resultados, tanto tangibles como intangibles, que se obtengan del desarrollo de los procesos vinculados con la investigación sean pertinentes y que aporten a solucionar necesidades concretas de la sociedad).*

- a) **Potenciar el desarrollo de procesos de investigación que correlacionen los objetivos institucionales con la demanda de los actores sociales**

Mantener vínculos con la sociedad a través de las instituciones, organismos y empresas que la conforman es condición fundamental para que una institución de educación superior se inserte en el conglomerado social e identifique sus necesidades, en razón de aquello, la Universidad del Azuay:

- Propenderá a consolidar grupos de investigadores, asociados al sistema estructural de líneas de investigación, que se encarguen de ejecutar los programas o proyectos que cohesionen los objetivos de orden académico con los requerimientos del medio externo, expresado a través de los actores sociales.
  - Fortalecerá sus unidades de vinculación con la colectividad, y
  - Mantendrá su apertura a la suscripción de acuerdos y convenios.
- b) **Priorizar la ejecución de programas y proyectos que se caractericen por contribuir a satisfacer las necesidades del conglomerado social**

Optimizar los recursos e infraestructura con que cuenta la Institución para lograr el mayor impacto benéfico en la sociedad será una actitud preponderante a la hora de establecer prioridades en la selección de los procesos a ser ejecutados. También serán factores decisivos la congruencia que tengan las propuestas planteadas con los objetivos educacionales establecidos para la Institución y su correlación con los propósitos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo.

➤ Para la consecución del sexto objetivo:

*(Realizar la gestión administrativa de manera eficaz, optimizando el uso de los recursos que se asignen a las actividades vinculadas con la investigación).*

a) **Descentralizar los procesos de selección ligados al trabajo de la investigación**

Con el propósito de conseguir la más amplia participación y el compromiso efectivo de los profesores que laboran en las diferentes carreras que oferta la institución para con el área de investigaciones, de manera concomitante con el quehacer ligado a las líneas activas que se formulen en cada una de las carreras y programas, las juntas académicas u organismos encargados de fomentar la investigación en las diferentes facultades, establecerán los planes de investigación que correspondan. Dicha información, reportada oportunamente, una vez analizada, dimensionada y aprobada por el Consejo de Investigaciones, será incorporada al Plan Operativo Anual del área, para su financiamiento y ejecución.

b) **Sistematizar la gestión administrativa de apoyo a la investigación**

A fin de asegurar que la gestión administrativa del área de investigaciones se realice de manera ágil y efectiva, la Universidad propenderá a que los procesos relacionados con la ejecución de los diferentes planes y programas de investigación se reporten y controlen utilizando herramientas tecnológicas apropiadas para el mantenimiento de flujos de intercomunicación óptima que permitan:

- Brindar respuestas y proporcionar soluciones oportunas, que posibilitarán que los procesos relacionados se desarrollen con normalidad,
- Observar y vigilar en forma detallada el cumplimiento de las actividades inherentes a cada programa o proyecto,

- Facilitar la evaluación permanente de los resultados que se alcancen, así como su difusión y uso,
  - Construir las bases de información que posibiliten la construcción de indicadores de investigación que, entre otros aspectos, valor en cantidad y calidad de los procesos, pertinencia e impacto social, inversiones realizadas, crecimiento, proyecciones, etc., a fin de mantener un sistema de autoevaluación permanente, como también emitir reportes objetivos y respuestas rápidas a los requerimientos de los organismos externos de evaluación y acreditación.
- c) **Buscar fuentes alternativas de financiamiento para el desarrollo de los proyectos de investigación**

Al ser la autogestión el pilar básico en la obtención de los recursos necesarios para el funcionamiento institucional, la búsqueda constante de acceso a fuentes de financiamiento externo será una actitud permanente, por ello la Universidad mantendrá e impulsará vigorosamente aquellos proyectos de investigación aplicada que, sin apartarse de sus objetivos institucionales, brinden respuestas a necesidades concretas del sector externo. Así como también brindará servicios de carácter especializado, enmarcados en el entorno legal vigente en el país.



## **DESCUBRIENDO LA FLOR DEL AMANCAY DE CUENCA**

Danilo Minga<sup>1</sup>, Cecilia Molina<sup>2</sup>, Adolfo Verdugo<sup>1</sup>, Ramiro  
Lituma<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Herbario Azuay Universidad del Azuay, <sup>2</sup>Proyecto  
Recuperación Histórica y Etnobotánica del Amancay.

Ministerio de Cultura del Ecuador.

Fotografías: Danilo Minga Ochoa.

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

## Resumen

Al igual que la chola cuencana, que permanece en la memoria de mucha gente de Cuenca como un personaje idealizado, representado por una mujer alegre y trabajadora con vestimenta colorida, el amancay es también concebido en la memoria del pueblo, como una planta idealizada con flores hermosas y coloridas que se asemejan a la pollera de la chola cuencana. Esta percepción colectiva ha determinado que los distintos grupos del pueblo mencionen especies diferentes que representan a la flor del amancay. Entre las especies más referidas están la azucena blanca de la especie botánica *Crinum × powellii* que crece en las orillas de los ríos Tomebamba y Yanuncay, la azucena amarilla de la especie botánica de origen asiático *Hemerocallis lilioasphodelus*, cultivada en plazas y jardines de Cuenca y la flor conocida como tres de noviembre, del género americano *Hippeastrum*.

En contraste, al revisar las referencias históricas de los cronistas que mencionan a la planta de amancay, se conoce que el nombre del amancay va más allá de los límites patrios y está claro que en Perú la flor del Amancay corresponde a la especie botánica *Hymenocallis amancaes* endémica del Perú; y en Chile y Argentina la flor del amancay es asignada a la especie botánica *Alstroemeria aurantiaca*.

Para el amancay de Cuenca, no se han encontrado referencias escritas que nos ilustren su verdadera identidad botánica, pero de acuerdo con las descripciones lírico-morfológicas impresas en los poemas del poeta Ricardo Darquea se menciona al amancay como una hermosa flor de capullos rojos, que crece silvestre en los valles de Cuenca y el Azuay, por lo que es posible que el amancay sea realmente un grupo de especies propias nuestra región como: *Phaedranassa glauciflora*, *Stenomesson incarnatum* y *Stenomesson aurantiacum*.

**Palabras clave:** Amancay, azucena, chola cuencana, Cuenca, *Alstroemeria*, *Phaedranassa glauciflora*, *Stenomesson aurantiacum*, *S. incarnatum*

## DISCOVERING THE AMANCAY FLOWER OF CUENCA

### Abstract

Like the *chola cuencana*, who remains in the memory of many people from Cuenca as an idealized character represented by a cheerful and working woman with colorful clothing, the *amancay* is also conceived in the people's memory as an idealized plant with beautiful and colorful flowers similar to the *chola cuencana*'s skirt. This collective perception has determined for different groups of people to mention different species that represent the flower of amancay. Among the most referred species are the white lilies that belong to the *Crinum* × *powellii* botanic species, which grows alongside the rivers Tomebamba and Yanuncay, the yellow lily from the Asian botanic species *Hemerocallis lilioasphodelus* that is cultivated in the parks and gardens of Cuenca,, and the flower known as November third form the American gender *Hippeastrum*.

In contrast, while we reviewed the chroniclers' historical references that mention the plant of amancay, we learned that the name of amancay goes beyond our country's boundaries and it is clear that in Peru the flower of Amancay belongs to the botanical species *Hymenocallis amancaes*, which is endemic in Peru. In Chile and Argentina, the flower of amancay is allocated to the botanical species *Alstroemeria aurantiaca*.

Regarding the amancay in Cuenca, we have not found written references that can illustrate its true botanical identity, but according to the lyric-morphologic descriptions in the poems by Ricardo Darquea, amancay is mentioned as a beautiful flower with red buds that grows in the wild in the valleys of Cuenca and Azuay. Therefore, it is possible that amancay is actually a group of species of our region, such as: *Phaedranassa glauciflora*, *Stenomesson incarnatum* y *Stenomesson aurantiacum*.

**Key words:** Amancay, lily, *chola cuencana*, Cuenca, *Alstroemeria*, *Phaedranassa glauciflora*, *Stenomesson aurantiacum*, *S. incarnatum*

## La chola cuencana y la flor del amancay

La chola cuencana, como parte de la identidad mestiza, es y ha sido un símbolo cultural importante para la ciudad de Cuenca. Este personaje idealizado como una mujer alegre, trabajadora y con vestimenta colorida: pollera y blusa bordada, paño de ikat, sombrero de paja, y zapatos de charol, *“expresa el sentir humano y social de la población, el camino del indio al mestizo y representa a las mujeres de la periferia de Cuenca y también de la zona urbana”* (Paz y Miño María Belén, 1991).

Este personaje muy decidor de Cuenca, símbolo de identidad cultural de la región, permite enlazar el pasado con el presente y el futuro, unir tradiciones, etnias y fundamentalmente relaciona al ser humano con la naturaleza. De esta relación surge la historia de la flor del amancay, como icono de identidad cultural cuencana y azuaya.

La chola cuencana es una imagen importante para la ciudad y recupera el sentir popular y el alma más próxima al saber del pueblo. Resume la enorme riqueza de la región en cuanto a uso de plantas, de flores, de tradiciones. La chola es la imagen de elementos importantes de Cuenca y la región como la agricultura, la artesanía y el conocimiento ancestral con relación al uso de las plantas. Al mismo tiempo, alrededor de ella se construye un referente sobre la presencia de la mujer, pues es la cuidadora de la vida, la guardadora de semillas, la que conoce los secretos de las hierbas, la comadrona, la tejedora.

Representa los valores de una cultura que se niega a desaparecer en los laberintos de la globalización, por que

es una mujer con identidad propia y porque resume fuertes contenidos simbólicos de la identidad femenina en la región.

La relación de la chola cuencana con la flor del amancay, al parecer surgió ya en los albores del siglo anterior, pero las primeras evidencias datan del año de 1940 y se cristalizan cuando se escucha por primera vez el pasacalle Chola Cuencana, compuesto por Rafael Carpio Abad en el año de 1949. De allí en adelante, esta canción se ha convertido en un canto popular y en un símbolo de la ciudad de Cuenca.

Esta melodía inspirada en el poema la *Chola Cuencana* compuesto por el poeta cuencano Ricardo Darquea Granda, habla de una hermosa mujer y la compara con la flor del amancay. El poema también recupera el mestizaje de la ciudad, pero también la vinculación de la ciudad con los ríos y con las plantas.

## **Cuál es la identidad de la flor del amancay**

La chola cuencana permanece en la memoria de mucha gente como un personaje idealizado; el amancay es también una flor idealizada, concebida como una planta de flores rojas y hermosas que se asemejan a la pollera de la chola cuencana. Así el poeta Ricardo Darquea, en su *Sinfonía en Rojo* escribe lo siguiente:

*Cual topacios engastados  
En los valles del Azuay,  
Al sol luce su belleza  
Nuestra flor: el Amancay*

*Antes que abran las estrellas  
En el cielo su balcón,  
Ella cierra su corola  
A los toques de oración (Darquea Granda, 1971)*

Si nos adentramos otra vez en el campo de lo imaginario y empleamos este poema para tratar de descubrir la flor del amancay, podemos argumentar que esta descripción lírica-morfológica, nos conduce a relacionar al amancay con la especie botánica de nombre *Phaedranassa glauciflora* Meerow, una planta bulbosa exclusiva (endémica) de los valles del Azuay, que crece de manera silvestre en los alrededores de la ciudad de Cuenca a la cual la gente campesina reconoce como cebollín.



La idealización de la flor del amancay no solo ha surgido en las mentes de los poetas e intelectuales, sino también en mucha gente del pueblo. Así, para las vendedoras de la plaza de flores, el amancay es una hermosa azucena blanca que crece en las orillas de los ríos Tomebamba y Yanuncay. Esta azucena de flores grandes y fragantes a

la cual, científicos botánicos la han asignado el nombre de *Crinum powellii* hortex Baker, es un híbrido entre *Crinum moorei* y *Crinum bulbispermum*, traída a Cuenca desde el sur del continente africano.



Si las mujeres que cultivan y venden flores en Cuenca, reconocen a la azucena blanca como la flor del amancay, los respetables jubilados recuerdan al amancay como una azucena amarilla conocida también como el lirio amarillo, cultivada en parques y jardines por sus vistosas flores que emanan un delicado aroma. Esta planta que en el mundo científico se la conoce como *Hemerocallis lilioasphodelus*, resulta ser una bella flor exótica, llegada desde el lejano continente asiático.



Pero mucha gente no está de acuerdo con que las azucenas sean la flor del amancay y argumentan que el amancay es la preciosa flor conocida como tres de noviembre, cuyos capullos se abren en las fiestas que celebran la emancipación cuencana. Botánicamente esta especie pertenece a un híbrido del género sudamericano



*Hippeastrum*, cuyas plantas son muy apreciadas en Europa y en donde los jardineros holandeses han desarrollado el

cultivar “Striped” que de regreso a América es ampliamente cultivada en plazas y jardines.

La historia cambia cuando opinan las mujeres del campo y para ellas, la flor del amancay es un pequeño capullo que crece libre en pastizales y laderas junto a los ríos de las zonas altas de Cuenca. Esta planta, a la cual la denominan también cebollín o sacha cebolla, pertenece a la especie botánica de nombre *Stenomesson aurantiacum* (Kunth) Herb., una pequeña hierba nativa de los páramos y bosques andinos del Ecuador y Perú.



Muy relacionada con el cebollín, aparece su congénere conocido tradicionalmente como vara de San José, esta planta perdida en Cuenca pero presente en algunos rincones azuayos crece libremente junto a ágaves y congonas, a la cual los científicos lo reconocen como *Stenomesson incarnatum* (Kunth) Baker, esta hermosa flor, fue muy importante en algunos ritos ceremoniales incásicos (Merrow, 1996)



Si el conocimiento tradicional, sustentado en lo verbal sugiere que el amancay en realidad no es una única flor. Los historiadores hablan también de varias flores. Así, el sacerdote, Bernabé Cobo (1572-1657), en su libro *Historia del Nuevo Mundo*, describe varias especies útiles entre las cuales cita a los amacaes, refiriéndose a varios géneros de flores que “*recrean la vista por su lindo parecer y hermosa compostura que tienen*” Cobo, menciona que los indios son muy amigos de estas flores, las cuales se ponen en su cabeza y, los nobles llevan ramilletes en las manos.

De acuerdo con las descripciones morfológicas realizadas por el propio autor esta planta correspondería a la especie botánica *Hymenocallis amancaes* (Ruiz & Pav.) G. Nicholson, esta especie ha sido reconocida en Perú como flor emblemática de Lima. En Cuenca y el Azuay esta especie no se encuentra y solo ha sido cultivada su congénere *Hymenocallis narcissiflora* (Jacq.) J.F. Macbr.



El padre riobambeño Juan de Velasco (1727-1792), que publica en Italia su obra “la Historia del Reino de Quito en América Meridional” (1789), cita al amancay como: Amancay de cebolla, de tres colores roja, blanca y amarilla, de hojas carnosas y de gran fragancia y Amancay de árbol, de los mismos colores y olor vehemente, a las cuales también los llaman suches.

De acuerdo con estas descripciones el amancay de cebolla, se trataría de la misma especie botánica reportada por el padre Cobo, es decir *Hymenocallis amancaes* (Ruiz & Pav.) G. Nicholson, mientras que el amancay de árbol correspondería a la especie botánica *Plumeria rubra* L. un arbusto o árbol pequeño de los bosques secos de la costa, especie cultivada en parques, jardines y cementerios de ciudades de Guayas y Manabí.

En Chile y Argentina, el amancay es una de las más hermosas flores de la Patagonia y sobre su planta también se ha tejido una leyenda Bariloche, que habla de una hermosa mujer de nombre amancay que entregó su vida para salvar la de su amado. Esta hermosa flor corresponde a la especie botánica de *Alstroemeria aurantiaca* D. Don. Esta especie ha sido introducida en Ecuador y en Cuenca, en donde se cultivan gran cantidad de híbridos.



## Conclusiones

En resumen, está claro que el amancay permanece en la memoria de mucha gente como una flor hermosa y propia de la región y aunque la verdadera identidad aún no ha sido develada con exactitud, hoy existen varias especies relacionadas a las que podríamos asignarles el nombre de amancay. Desde la ciencia botánica, al parecer la única certeza es que el amancay pertenece a la familia de las *Amaryllidaceae*, mientras que en las crónicas y los escritos, existe la claridad de que el amancay es una

planta endémica del Perú de la especie *Hymenocallis amancaes* (Ruiz & Pav.) G. Nicholson. En tanto que en Chile y Argentina no hay discusión de que el amancay es la hermosa flor de *Alstroemeria aurantiaca* D. Don.

**Fuente: Proyecto Recuperación Histórica y Cultural del Amancay**

## **BIBLIOGRAFÍA**

Cobo Bernabé 1613. Biblioteca de Autores Españoles. Desde la formación de Lenguaje hasta nuestros días. 1964 Estudio preliminar y edición, padre Francisco Mateos. Madrid, España.

Darquea Granda Ricardo 1971. Paucarbamba, Poemas; Talleres gráficos de Universidad de Cuenca, Pag. 31 Sentencia en Rojo, Amancay N° 1. Cuenca Ecuador.

Juan de Velasco, 1789 Historias del Reino de Quito en la América Tropical, Historia antigua, Tomo I y Parte I, Dirigida y al excelentísimo señor don Antonio Porlier del consejo de su majestad.

Meerow A., 1990 AMARILLYDACEAE. Flora of Ecuador, Vol. 41 Harling & Andersson (eds).

PAZ Y MIÑO María Belén. Los elementos distintivos de la Chola Cuencana, como material signficante de un nuevo discurso. Universidad de Palermo.

Valencia R., N. Pitman, S. León-Yáñez & P. M. Jorgensen, 2000 Libro rojo de plantas endémicas del Ecuador. Herbario QCA, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito.





## **INFLUENCIA DE LA GANADERÍA EN LA COMUNIDAD DE AVES DE PÁRAMO EN EL PARQUE NACIONAL CAJAS**

Gabriela Samaniego<sup>1</sup>, Andrea Nieto<sup>1</sup>, Pedro Astudillo  
Webster<sup>1</sup>, Steven Latta<sup>3</sup>, Catherine H. Graham<sup>2</sup>,  
Boris A. Tinoco<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Universidad del Azuay. Escuela de Biología,  
Ecología y Gestión.  
Av. 24 de Mayo 7-77 y Hernán Malo,  
Cuenca – Ecuador.

<sup>2</sup> Stony Brook University. Department of Ecology and  
Evolution

636 Life Science Building. Stony Brook, NY 11794.

<sup>3</sup> National Aviary (USA). Allegheny Commons West  
Pittsburgh, PA 15212.

Correspondencia: gabymon88@hotmail.com

## Resumen

La influencia de la ganadería en la comunidad de aves de páramo en el Parque Nacional Cajas fue estudiada mediante censos de 14 transectos, siete dispuestos en sitios con ganadería y siete testigos. Se completaron tres repeticiones. La riqueza específica no difiere significativamente entre los sitios, mientras que la abundancia relativa sí difiere significativamente. Mediante un escalamiento multidimensional no métrico se ordenó la comunidad de aves y no se observó una clara tendencia en separar los transectos con ganadería de los testigos. Al explorar las variables de hábitat (cobertura de pajonal, altura de la paja, número de fecas y vegetación) que pueden explicar la ordenación, se encontró que ninguna variable influye en la comunidad de aves. No hubo una clara respuesta que explique la influencia del ganado sobre las aves. Al ampliar los estudios del hábitat, se podría encontrar relaciones más fuertes entre la disponibilidad de recursos y la influencia de la ganadería sobre la comunidad de aves de páramo.

**Palabras claves:** influencia ganadería, transectos páramo, comunidad de aves, Parque Nacional Cajas.

## **Influence of cattle farming in the community of wasteland birds in *El Cajas* National Park**

### **Abstract**

The influence of cattle farming in the community of wasteland birds in *El Cajas* National Park was studied through a census of 14 transects, seven in cattle farming sites and seven witnesses. Three repetitions were completed. Specific richness does not differ significantly between the sites, while the relative abundance differs significantly. Through non-metric multidimensional scaling the community of birds was ordained and we did not observe a clear tendency while separating the cattle farming transects from the witnesses. While we explored the variables of the habitat (grassland coverage, grassland height, number of feces, and vegetation) that could explain the ordainment, we found that neither of the variables influenced the community of birds. There was not a clear answer that could explain the influence of cattle over birds. If we could expand the studies of the habitat, we could find stronger relationships between the available resources and the influence of cattle farming in the wasteland community of birds.

**Keywords:** cattle farming influence, wasteland transects, bird community, *El Cajas* National Park

## INTRODUCCIÓN

Los páramos son considerados como uno de los biomas más vulnerables de Sudamérica, en ellos se contraponen altos grados de biodiversidad y endemismo con factores críticos de amenaza (Castaño 2002). En Ecuador, actividades como la quema, la agricultura y la ganadería son las principales causas de degradación de este ecosistema (Sarmiento 2002). La transformación del páramo se presume que tiene un importante efecto sobre la diversidad, sin embargo no ha sido fácil establecer la relación entre la riqueza de especies y el estado de degradación, pues en algunas ocasiones el número de especies encontradas en áreas disturbadas es similar al de las zonas más prístinas (Hofstede *et al.* 2002).

El efecto de la ganadería sobre la fauna ha sido menos estudiado con respecto a sus efectos en patrones de diversidad (Cingolani *et al.* 2008). Sin embargo, la ganadería así como la quema, asociada a esta actividad, disminuye la disponibilidad de recursos para los herbívoros, nectarívoros y polinívoros, así como los refugios para anfibios y mamíferos pequeños (Morales & Estévez 2006). La fauna más móvil, como las aves y los mamíferos grandes, se relaciona mejor con la configuración del paisaje, y los efectos que ejerce el ganado dependen de cómo se modifica dicha configuración (Cingolani *et al.* 2008). Por ejemplo, en aves de Norte América se ha sugerido que el intenso manejo ganadero en general reduce la diversidad porque produce una homogeneización del paisaje (Fuhlendorf & Engle 2001).

El panorama actual que presentan las zonas de pajonales del Parque Nacional Cajas (PNC) es la reducción y la alteración de sus ecosistemas debido a acciones antropogénicas, las cuales alteran sus ecosistemas (Argüero *et al.* s.a.). Las comunidades que se asientan en las zonas de amortiguamiento del parque son tradicionalmente agricultores y utilizan los páramos para actividades relacionadas con la ganadería, a pesar de encontrarse dentro de un área protegida de interés biológico. La ganadería degrada el hábitat por medio del pisoteo, las plantas de almohadilla se pierden dando lugar a que se incremente la paja, además el ingreso del ganado a los bosques de *Polylepis* afecta la regeneración vegetal. A medida que la cría de ganado se desarrolla, se modifica la vegetación natural ribereña de ríos arroyos y lagunas (ETAPA 2005).

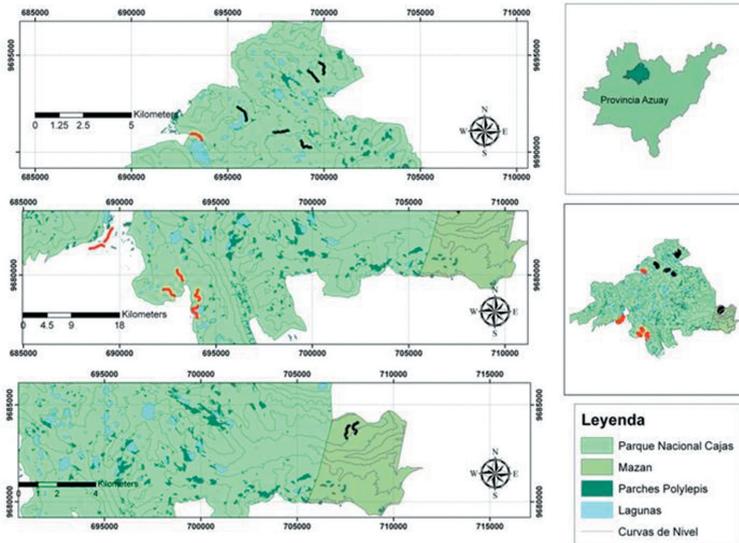
El control y monitoreo de esta actividad es urgente en el PNC para asegurar la conservación del ecosistema, su funcionalidad y servicios ambientales (ETAPA 2005), es por esto que el objetivo de este trabajo es determinar la influencia de la ganadería en la comunidad de aves de páramo en el PNC. Las aves son ampliamente usadas como variables de respuesta para el estudio de calidad de hábitat y su uso es recomendado para monitorear los efectos de acciones de manejo y conservación en ecosistemas (BirdLife International 2005).

## ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional Cajas (PNC), ubicado al sur occidente de los Andes ecuatorianos en la provincia del Azuay, tiene una altura que oscila entre los 3150 y los 4445 m s.n.m.,

cuenta con una extensión de 28.544 ha. Presenta una topografía irregular, con formaciones de características glaciales que con el paso del tiempo formaron valles en forma de “U” (Delgado *et al.* 2006). Históricamente la actividad ganadera ha afectado al ecosistema páramo, sin embargo, esta actividad se ha reducido en un 90% pero aún está concentrada en la zona de Migüir y Soldados (Encalada 2007).

El parque presenta tres tipos de formaciones vegetales: bosque de neblina montano alto, bosque siempre verde montano alto, páramo herbáceo, dentro del cual se encuentran más de 1000 fragmentos de bosque del género *Polylepis* de diferente tamaño (<1 ha. – 44 ha.; Baquero *et al.* 2004, Minga & Verdugo 2007). También con el páramo herbáceo está asociada la subunidad herbazal lacustre (Minga & Verdugo 2007). El presente estudio se desarrolló en el páramo herbáceo, asociado a sitios con presencia de ganadería (Mapa 1), evitando los fragmentos de *Polylepis* y las formaciones de herbazal lacustre, debido a que muestran composiciones de aves distintas (Ridgely & Greenfield 2001).



**Mapa 1.** Área de estudio y localización de 14 transectos en páramo, siete en áreas con ganadería (líneas rojas) y siete en áreas sin ganadería (líneas negras), Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador.

## MÉTODOS

### ***Censo de aves.-***

Basándose en evaluaciones previas, observaciones personales e información proporcionada por el PNC a cerca de la presencia de ganado en el parque, se dispusieron 14 transectos. Siete de ellos distribuidos en áreas con influencia de ganadería y, siete ubicados en zonas consideradas testigos, correspondientes a sitios sin ganadería. Para asegurar la independencia entre transectos estos fueron separados al menos por 250 m (Ralph *et al.* 1996).

Para levantar la información en el campo se utilizó el método de muestreo utilizando líneas de transectos. Este método consiste en marcar transectos por los cuales los observadores registran todas las aves vistas y/o escuchadas a cualquier lado del sendero (Bibbey *et al.* 1998). A través del largo de cada transecto dos observadores caminan ocupando el ancho del transecto, provocando movimientos de las aves que se encuentran ocultas entre los penachos de paja, de tal forma que se facilita su detección. Estos transectos son ampliamente utilizados en hábitat abiertos dominados por pastos (Ralph *et al.* 1996).

Cada transecto tiene una longitud de 1 km por 50 m de ancho y fueron sometidos a tres repeticiones. Las observaciones fueron realizadas desde las 6:00 am hasta las 10:00 am, horas en que se muestra mayor actividad de aves (obs. pers.). El trabajo de campo se realizó entre abril y julio de 2012, obteniendo así un total de 42 km monitoreados.

Para la identificación de las aves se usó la guía de campo de Ridgely & Greenfield (2006) y Tinoco & Astudillo (2007). Para las identificaciones auditivas se utilizó Krabbe & Nilsson (2003).

### ***Datos de vegetación.-***

En cada transecto se ubicaron 20 parcelas circulares, de 25 m de radio, separadas cada una por 50 m. En estas parcelas se registraron las proporciones de seis tipos de cobertura del suelo (Tabla 1). La clasificación de los tipos de cobertura del suelo fueron escogidos en

función de observaciones personales, debido a que en escalas pequeñas el páramo herbáceo tiende a ser menos homogéneo, presentando asociaciones con plantas arbustivas (Minga & Verdugo 2007), en las cuales se pueden registrar mayor actividad y presencia de aves (obs. Pers.).

**Tabla 1.** Variables de tipo de cobertura de suelo y su descripción, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay.

<b>Tipos de Cobertura del suelo</b>	<b>Descripción</b>
Arbustos nativos	Porcentaje de los transectos cubiertos por especies leñosas de hábito arbustivo. Es reconocido por la presencia de los géneros <i>Chuquiraga</i> , <i>Gynoxys</i> , <i>Brachyotum</i> y las especies <i>Polylepis reticulata</i> y <i>P. incana</i> .
Páramo herbáceo	Porcentaje de los transectos cubiertos por paja del género <i>Calamagrostis</i> .
Páramo almohadillas	Porcentaje de los transectos cubiertos por almohadillas de los géneros <i>Azorella</i> y <i>Plantago</i> .
Cuerpo de agua	Porcentaje de los transectos cubiertos por cuerpos de agua que incluyen riachuelos o quebradas.
Suelo rocoso	Porcentaje de los transectos cubiertos por suelo sin vegetación y rocas.
Especies introducidas	Porcentaje de los transectos cubiertos por especies introducidas.

### ***Cobertura y altura de pajonal.-***

Con la finalidad de encontrar respuestas a escalas menores dentro del hábitat en cada parcela de vegetación, se determinó la cobertura de pajonal utilizando una grilla de 1 m<sup>2</sup> subdividida en cuadrantes de 25 x 25 cm. Dentro de cada parcela se ubicó la grilla en cuatro ocasiones escogidas al azar. Los datos registrados fueron el número de subcuadrantes internos de la grilla en los cuales se presentó paja y, la altura máxima del pajonal de cuatro de los mismos subcuadrantes.

### ***Conteo de fecas.-***

Para estimar la abundancia del ganado dentro de los transectos establecidos, se realizaron recorridos a lo largo y ancho de estos, en donde se contó el número de fecas de vaca y caballo. Esta metodología es utilizada como un método indirecto para cuantificar la abundancia de una población a través del registro de las manifestaciones de presencia de los individuos tales como nidos, huellas, fecas, entre otras; permitiendo así obtener una medida de la densidad relativa (Martella *et al.* 2012).

## **ANÁLISIS DE DATOS**

### ***Riqueza y abundancia.-***

La riqueza específica y la abundancia se expresan como el total de especies e individuos por especie, respectivamente, registradas en los censos de los 14 transectos en las tres repeticiones. La riqueza y la abundancia fueron

comparadas, de manera independiente, entre los sitios con presencia de ganadería y los testigos; al igual se realizó una exploración a los valores de las cinco especies más abundantes. Para el efecto se utilizó la prueba estadística T de Student (Zar 1984), ejecutada en el programa estadístico XLSTAT-Pro 7.5 (Addinisoft 2004) bajo el umbral de significancia de 0.05.

### ***Análisis de cobertura del suelo.-***

Para reducir la dimensión de las variables, los seis tipos de cobertura del suelo fueron sometidos a un análisis de componentes principales (PCA, por sus siglas en inglés). Esta técnica consiste en producir nuevas variables, reduciendo la variabilidad subyacente y en consecuencia su número. De tal forma que las nuevas variables explican de mejor manera la variabilidad de las unidades de muestreo (Legendre & Legendre 1998, Terrádez 2002). Las pruebas mencionadas fueron ejecutadas en el programa estadístico XLSTAT-Pro 7.5 (Addinisoft 2004).

### ***Análisis de variables ambientales.-***

Para conocer si existen diferencias significativas a escala menor dentro del hábitat, las variables de cobertura de pajonal, altura de la paja y número de fecas entre los sitios que presentan ganadería y los testigos, se realizaron análisis de T de Student (Zar 1984), con los valores promedio de estas variables para cada transecto evaluado. Las pruebas mencionadas fueron ejecutadas en el programa estadístico XLSTAT-Pro 7.5 (Addinisoft 2004) bajo el umbral de significancia de 0.05.

### ***Análisis de la comunidad de aves.-***

La comunidad de aves fue sometida a un análisis de ordenación. Así, se desarrolló una matriz de disimilitud

usando el índice de Bray & Curtis. Esta matriz es de tipo especies x muestras. Estuvo integrada por los siete transectos con presencia de ganadería y los siete transectos testigo, utilizando el valor total de abundancia por especie por cada transecto en las tres repeticiones. A partir de esta matriz se generó un análisis de ordenación utilizando la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS por sus siglas en inglés). Este análisis permite visualizar en un plano el orden de cercanía entre las unidades comparadas (transectos), agrupando de tal manera a las muestras con composiciones similares (Quinn & Keough 2002). Este tipo de análisis no encuentra probabilidades de diferencia, al ser un análisis no métrico contempla la variabilidad de los datos y tan sólo los agrupa en función de sus disimilaridades en composición de especies.

Es importante entender qué factor ambiental influye en la ordenación de la comunidad propuesta por el análisis NMDS. Dentro de este marco se ajustaron los vectores de las variables ambientales dentro de la ordenación. Para esto se utilizaron las dos variables ambientales provenientes del PCA, el factor presencia/ausencia de ganadería, cobertura promedio de paja, el número total de fecas de caballo y de vaca. La relación fue evaluada en base de 1000 permutaciones aleatorias (Oksanen 2011). La matriz de disimilitud, la ordenación y su relación con los factores ambientales fueron ejecutados con R (R Development Core Team 2008) utilizando el paquete vegan 2.0-1 (Oksanen 2009) y MASS (Venebles & Ripley 2002) bajo el umbral de significancia de 0.05.

## RESULTADOS

### ***Cobertura del suelo.-***

La cobertura del suelo quedó expresada en dos componentes (Tabla 2). De esta manera, el PCI se define por la presencia de páramo de almohadilla y suelo rocoso (46.60% de la varianza explicada); mientras, que el PCII quedó caracterizado por páramo herbáceo con la presencia de arbustos nativos (26.30% de la varianza explicada).

**Tabla 2.** Contribución en porcentaje de las variables para cada componente (PCI, PCII) usado para expresar la cobertura del suelo, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay.

<b>Tipos de cobertura</b>	<b>PCI</b>	<b>PCII</b>
Arbustos nativos	0.721	52.536
Cuerpo de agua	22.773	0.002
Suelo rocoso	25.958	8.514
Otros	8.260	0.005
Páramo herbáceo	32.589	0.044
Páramo almohadillas	9.699	38.899

\* Varianza acumulada del modelo = 72.90%

### ***Variables ambientales.-***

En los sitios con presencia de ganado se registraron valores altos de fecas tanto de vaca como de caballo, a

diferencia de los testigos. Con respecto a los datos de cobertura de pajonal y altura de la paja, se encontró que los transectos testigo presentaron valores mayores que los transectos con presencia de ganadería. A través de los análisis T para cada una de estas variables ambientales mencionadas, los resultados señalan que existe diferencia significativa en todos los valores promedio evaluados (Tabla 3).

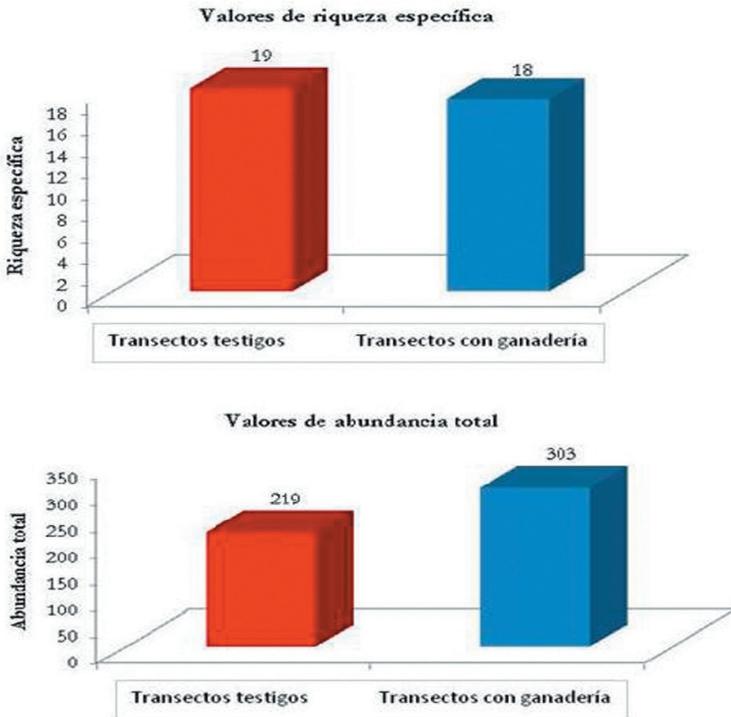
**Tabla 3.** Comparación de los valores de las variables ambientales entre los transectos con presencia de ganadería y los transectos testigos (T de Student), en (\*) los valores que difieren significativamente, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador.

Variables	Transectos testigo	Transectos con ganadería	Valor crítico T	Valor p < 0,05
Fecas de vaca	107 $\bar{x}=15.29 \pm SD 16.81$	3604 $\bar{x}=514.86 \pm SD 421.86$	3,131	*0,009
Fecas de caballo	434 $\bar{x}=62 \pm SD 62.83$	2292 $\bar{x}=327.43 \pm SD 228.74$	2,96	*0,012
Cobertura de pajonal	7337 $\bar{x}=1048.15 \pm SD 52.64$	5776 $\bar{x}=825.43 \pm SD 117.30$	-4,289	*0,001
Altura de pajonal	92040 $\bar{x}=13148.57 \pm SD 1933.54$	67210 $\bar{x}=9601.43 \pm SD 1759.20$	-3,59	*0.004

***Patrones generales de la diversidad de aves.-***

Para todo el estudio en los 14 transectos se registraron 22 especies (Anexo 1) asociadas a 522 detecciones. Para aquellos transectos con la presencia de ganadería se registraron 18 especies asociadas a 303 detecciones,

mientras que en los transectos testigos se reportaron 19 especies relacionadas a 219 detecciones (Figura 1).



**Figura 1.** Valores de riqueza específica y abundancia total para los transectos evaluados, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

La riqueza específica entre los transectos testigos y con presencia de ganadería no difieren significativamente ( $p = 0.918$ ,  $T = 0.105$ , Tabla 4). Mientras que con los valores de abundancia total se demostró que sí existe diferencia significativa ( $p = 0.031$ ,  $T = -2.444$ , Tabla 4).

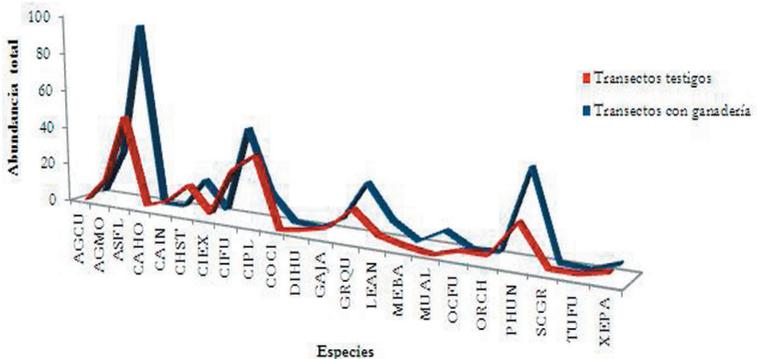
**Tabla 4.** Comparación de la abundancia total y riqueza total de la comunidad de aves entre los transectos con presencia de ganadería y los transectos testigos (T de Student), en (\*) los valores que difieren significativamente, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador.

	Transectos testigo	Transectos con ganadería	Valor observado T	Valor p< 0.05
Riqueza	19 $\bar{x}=9.86 \pm SD 2.61$	18 $\bar{x}=9.71 \pm SD 2.50$	0.105	0.918
Abundancia	219 $\bar{x}=31.29 \pm SD 10.41$	303 $\bar{x}=43.28 \pm SD 7.76$	-2.444	*0.031

Las especies Rayito brillante (*Aglaeactis cupripennis*), Picocono cinéreo (*Conirostrum cinereum*) y Dormilona de páramo (*Muscisaxicola alpina*) fueron registros únicos en los transectos que presentaron ganadería, mientras que en aquellos transectos testigos las especies únicas fueron Semillero paramero (*Catamenia homochroa*), Semillero sencillo (*Catamenia inornata*), Pinchaflores negro (*Diglossa humeralis*) y Mirlo grande (*Turdus fuscater*) (Anexo 1).

Las especies más abundantes registradas en los transectos con presencia de ganadería fueron Canastero multilistado (*Asthenes flammulata*) (n = 95), Cinclodes alifranjeado (*Cinclodes fuscus*) (n = 46) y Frigilo plumizo (*Phrygilus unicolor*) (n = 43). Mientras que en los transectos testigos las especies más abundantes fueron Canastero multilistado (*Asthenes flammulata*) (n = 48) y Soterrey sabanero (*Cistothorus platensis*) (n = 36, Figura 2).

## Valores de abundancia total por especie



**Figura 2.-**Abundancia total de individuos por especie en los transectos con presencia de ganadería y los transectos testigo, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador. Códigos de las especies: AGCU (*Aglaeactis cupripennis*), AGMO (*Agriornis montana*), ASFL (*Asthenes flammulata*), CAHO (*Catamenia homochroa*), CAIN (*Catamenia inornata*), CHST (*Chalcostigma stanleyi*), CIEX (*Cinclodes excelsior*), CIFU (*Cinclodes fuscus*), CIPL (*Cistothorus platensis*), COCI (*Conirostrum cinereum*), DIHU (*Diglossa humeralis*), GAJA (*Gallinago jamesoni*), GRQU (*Grallaria quitensis*), LEAN (*Leptasthenura andicola*), MEBA (*Metallura baroni*), MUAL (*Muscisaxicola alpina*), OCFU (*Ochthoeca fumicolor*), ORCH (*Oreotrochilus chimborazo*), PHUN (*Phrygilus unicolor*), SCGR (*Schizoecagriseo murina*), TUFU (*Turdus fuscater*), XEPA (*Xenodacnis parina*).

Al explorar diferencias con las cinco especies más abundantes se demuestra que solo Canastero multilistado (*Asthenes flammulata*) difiere significativamente entre los

transectos con presencia de ganadería y los transectos testigos ( $p = 0.001$ ,  $T = -4.339$ , Tabla 5). Sin embargo los valores de abundancia de Cinclodes alifranjeado (*Cinclodes fuscus*) y Frigilo plumizo (*Phrygilus unicolor*) entre los transectos con presencia de ganadería y los transectos testigos, resultaron ser casi significativos (Tabla 5).

**Tabla 5.** Comparación de las cinco especies de aves más abundantes entre los transectos con ganadería y los transectos testigos (T de Student), en (\*) los valores que difieren significativamente, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador.

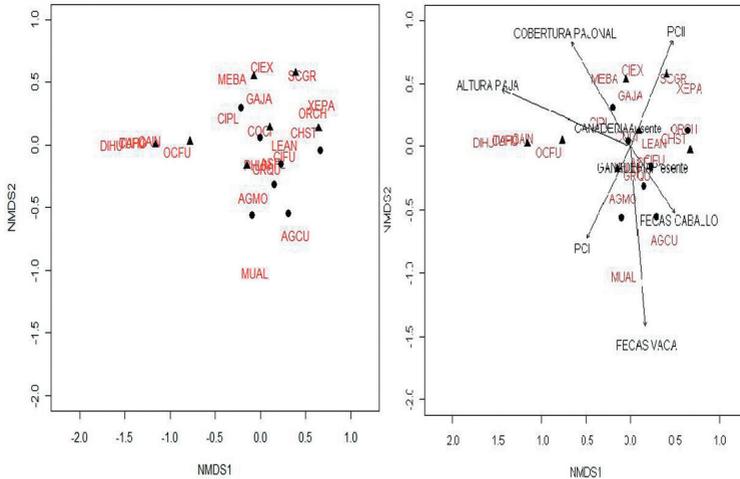
Especies más abundantes	Abundancia		Análisis T	
	Transectos testigo	Transectos con ganadería	Valor observado	Valor $P > 0,05$
Canastero multiestado ( <i>Asthenes flammulata</i> )	48 $\bar{x}=6,86 \pm SD 2,34$	95 $\bar{x}=13,57 \pm SD 3,36$	-4,339	*0,001
Cinclodes alifranjeado ( <i>Cinclodes fuscus</i> )	27 $\bar{x}=3,86 \pm SD 2,48$	46 $\bar{x}=6,57 \pm SD 2,70$	-1,96	0,074
Frigilo plumizo ( <i>Phrygilus unicolor</i> )	21 $\bar{x}=3 \pm SD 2,28$	43 $\bar{x}=6,14 \pm SD 3,93$	-1,808	0,096
Soterrey sabanero ( <i>Cistothorus platensis</i> )	36 $\bar{x}=5,14 \pm SD 3,58$	14 $\bar{x}=2 \pm SD 3,06$	1,767	0,103
Gralaria leonada ( <i>Grallaria quitensis</i> )	16 $\bar{x}=2,29 \pm SD 2,63$	26 $\bar{x}=3,71 \pm SD 2,81$	-0,982	0,345

### **Ordenación de la comunidad de aves.-**

Los análisis de ordenación mediante el NMDS no mostraron una tendencia clara en ordenar los transectos en función de los sitios con la presencia de ganadería y los testigos (solución 2-D, stress = 15.28, Figura 3). Ninguna de las variables ambientales influyó significativamente en la ordenación de los transectos. Sin embargo, es importante incluir las variables ambientales en la ordenación (Figura 3). Así, se puede observar que las variables de cobertura de pajonal, altura de la paja y PCII (páramo herbáceo con la presencia de arbustos), así como el factor de ausencia de ganadería tienden a relacionarse con las especies asociadas al páramo herbáceo. Mientras que las variables de fecas de vaca, fecas de caballo y PCI (páramo de almohadillas y suelo rocoso), así como el factor presencia de ganadería, tienden a relacionarse con especies registradas en áreas abiertas con menor presencia de vegetación arbustiva.

**Tabla 7.** Valores de las variables ambientales incluidas en la ordenación por especies, grupos funcionales y preferencias de hábitat, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador.

Variables ambientales	Especies		Grupos funcionales		Preferencias de hábitat	
	r <sup>2</sup>	Valor p < 0.05	r <sup>2</sup>	Valor p < 0.05	r <sup>2</sup>	Valor p < 0.05
PCI	0.0853	0.6124	0.0065	0.957	0.0032	0.985
PCII	0.1027	0.5604	0.1311	0.4395	0.0585	0.7253
Fecas de vaca	0.2262	0.2348	0.2031	0.2627	0.0767	0.6733
Fecas de caballo	0.0572	0.7433	0.0686	0.6933	0.0079	0.954
Altura de la paja	0.2555	0.1938	0.0321	0.8432	0.0358	0.8182
Cobertura de pajonal	0.1254	0.4815	0.0707	0.6723	0.0324	0.8152
Ganadería	0.1273	0.2118	0.0317	0.6853	0.0983	0.2827



**Figura 3.-** Análisis de escalamiento multidimensional no-métrico de la abundancia total de aves de páramo registradas en 14 transectos, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador. Los círculos corresponden a los transectos con presencia de ganadería y los triángulos representan a los transectos testigos. Códigos de las especies: AGCU (*Aglaeactis cupripennis*), AGMO (*Agriornis montana*), ASFL (*Asthenes flammulata*), CAHO (*Catamenia homochroa*), CAIN (*Catamenia inornata*), CHST (*Chalcostigma stanleyi*), CIEX (*Cinclodes excelsior*), CIFU (*Cinclodes fuscus*), CIPL (*Cistothorus platensis*), COCI (*Conirostrum cinereum*), DIHU (*Diglossa humeralis*), GAJA (*Gallinago jamesoni*), GRQU (*Grallaria quitensis*), LEAN (*Leptasthenura andicola*), MEBA (*Metallura baroni*), MUAL (*Muscisaxicola alpina*), OCFU (*Ochthoeca fumicolor*), ORCH (*Oreotrochilus chimborazo*), PHUN (*Phrygilus unicolor*), SCGR (*Schizoecagriseo murina*), TUFU (*Turdus fuscater*), XEPA (*Xenodacnis parina*).

## DISCUSIONES

Los valores de riqueza específica no mostraron diferencias entre los sitios con ganadería y los testigos; sin embargo se pudieron observar especies exclusivas en ambos sitios. Es así que las especies Rayito brillante (*Aglaeactis cupripennis*), Picocono cinéreo (*Conirostrum cinereum*) y Dormilona de páramo (*Muscisaxicola alpina*) fueron registros únicos en los transectos que presentaron ganadería. Al igual que los resultados obtenidos por Gutiérrez (2008), Rayito brillante fue registrado únicamente en sitios con alto nivel de intervención de los ecosistemas nativos en los Andes orientales de Colombia. Estos hábitat están influenciados por cultivos, potreros y extensas zonas de crecimiento secundario arbustivo. Mientras que en aquellos transectos testigos las especies únicas fueron Semillero paramero (*Catamenia homochroa*), Semillero sencillo (*Catamenia inornata*), Pinchaflor negro (*Diglossa humeralis*) y Mirlo grande (*Turdus fuscater*); el registro de estas especies se vio influenciado por la cercanía de dos transectos testigo al borde del bosque montano, pues estas aves se observaron movilizándose entre el pajonal y el borde de bosque.

En la construcción de un modelo para predecir el impacto de la ganadería en las aves propuesto por Martin y Possingham (2005), se estableció que (i) el pastoreo reduce la capa de vegetación del suelo y, (ii) el pastoreo aumenta la cantidad de suelo desnudo disminuyendo la altura de la vegetación. Dado este supuesto, cabe esperar que las especies que se alimentan en el suelo descubierto y/o vegetación corta aumentaría a medida que aumenta la presión de pastoreo; mientras que las especies que se alimentan en sitios con capas de vegetación más altas, disminuirían a medida que la presión de pastoreo aumenta (Martin & Possingham 2005).

Relacionando estos postulados con los datos obtenidos en este estudio, se presume que los valores de abundancia de especies como Cinclodes alifranjeado (*Cinclodes fuscus*) y Frigilo plumizo (*Phrygilus unicolor*), responden a este patrón, ya que son especies que presentaron valores elevados de abundancia en los sitios con presencia de ganadería, y que se las observó en áreas abiertas de páramo de almohadillas (obs. pers.). Estas especies también fueron registradas por Astudillo *et al.* (2012), alimentándose al borde de la carretera, una zona evidentemente disturbada y con menor altura de pajonal. De igual manera Dormilona de páramo (*Muscisaxicola alpina*), una de las especies exclusivas para los transectos con presencia de ganadería, fue registrada alimentándose en áreas abiertas. A diferencia de Soterrey sabanero (*Cistothorus platensis*) que presentó mayores valores de abundancia en los transectos testigos, la cual es una especie mayormente asociada al páramo herbáceo en donde raramente asoma fuera de cubierta y prefiere la vegetación densa (Ridgely & Greenfield 2006).

Según Morales y Estévez (2006), el pisoteo por el ganado altera los procesos hídricos por compactación del suelo, además de la destrucción de la vegetación de páramo. Como consecuencia de esto, los valores de cobertura del pajonal y la altura de la paja en este estudio se mostraron menores en los transectos con influencia de ganado, a diferencia de los transectos testigo en donde estas variables fueron más altas.

Uno de los efectos de la ganadería es la reducción de la heterogeneidad de la vegetación produciendo así la disminución de la diversidad de aves (Martin & Possingham 2005), por consecuencia en hábitat homogéneos existirá menor disponibilidad de recursos. Los paisajes heterogéneos

proveen a la fauna de refugios, escape de los predadores, sitios de forrajeo y nidificación (Cingolani *et al.* 2008). Es así que en sitios con cargas altas de ganado se reduce la heterogeneidad del paisaje, disminuyendo la diversidad de aves (Fuhlendorf & Engle 2001, Martin & Possingham 2005). Si bien dentro del PNC aún existe presencia de ganado, es evidente que esta no es una actividad intensiva y que sus efectos no son notables a escala de paisaje. Sin embargo es necesario el control del pastoreo por ganado para evitar la futura homogenización del paisaje, pues según Fuhlendorf & Engle(2001) los manejos que fomenten la heterogeneidad del paisaje en general aumentan la diversidad de fauna.

## CONCLUSIONES

- La riqueza acumulada no difiere significativamente entre los sitios con presencia de ganadería y los testigos, a diferencia de la abundancia relativa que sí difiere significativamente.
- En los sitios con presencia de ganadería se evidenció que los valores de cobertura de pajonal y altura de la paja fueron menores que los registrados en los sitios testigo, observando así una alteración directa del ganado sobre la estructura del pajonal.
- En la ordenación no se evidenció una clara tendencia en agrupar los transectos de acuerdo a los sitios con presencia de ganadería y los testigos. De igual manera ninguna de las variables ambientales evaluadas explicaron la ordenación de los transectos y las especies de aves.
- Los resultados de este estudio no muestran una clara respuesta de la influencia de la ganadería sobre la comunidad de aves, pues la ganadería dentro del PNC no se presenta de manera intensiva.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDINSOFT. 2004. XLSTAT Pro, ver. 7.5. Addinsoft SARL.
- ARGUERO, A.; Betancourt, L.; Martínez, C.; Sánchez, F.; Ordóñez, A. & A. Chuchuca. s.a. Plan piloto de reactivación socioeconómica en los páramos del área de amortiguamiento del Parque Nacional Cajas (Ecuador): Estableciendo nuevos anexos. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- BAQUERO, F.; Sierra, R.; Ordoñez, L.; Tipán, M.; Espinosa, L.; Rivera, M.B. & P. Soria. 2004. La Vegetación de los Andes del Ecuador. EcoCiencia. CELSA. EcoPar. MAG SICAGRO. CDD. Jatun Sacha. IGM.
- BIBBY, C.; Jones, M. & S. Mardsen. 1998. Expedition field techniques. Bird surveys. BirdLife International. Cambridge, U. K.
- BIRDLIFE INTERNATIONAL & CONSERVATION INTERNATIONAL. 2005. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Quito, Ecuador.
- CASTAÑO, C. 2002. Páramos y ecosistemas alto andinos de Colombia en condición Hotspot y Global Climatic Tensor. Ministerio del Medio Ambiente. IDEAM. PNUD.
- CINGOLANI, A.; Noy-Meir, I.; Renison, D. & M. Cabido. 2008. La ganadería extensiva, ¿Es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? Asociación Argentina de Ecología. Ecología Austral 18:253-271.
- DELGADO, O.; López, M.; Aguilar & M. Cordero. 2006. Componente geomorfología glaciar del Parque Nacional Cajas – Ecuador. Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.

- DÍAZ, S.; Lavorel S.; Mcintyre, S.; Falczuk, V. & F. Casanoves. 2007. Plant traits responses to grazing - a global synthesis. *Global Change Biol.* 13:313-341.
- ETAPA. 2005. Plan de Manejo Integral del Parque Nacional Cajas (PNC). I. Municipalidad de Cuenca. ETAPA. Cuenca, Ecuador.
- FUHLENDORF, S. & D. Engle. 2001. Restoring heterogeneity on rangelands: ecosystem management based on evolutionary grazing patterns. *BioScience*51:625-632.
- GARCÍA, C.; Renison, D.; Cingolani, A. & E. Fernández-Juricic. 2008. Avifaunal changes as a consequence of large scale livestock exclusion in the mountains of central Argentina. *J. Appl. Ecol.* 45:351-360.
- GUTIÉRREZ, A. 2008. Las interacciones ecológicas y estructura de una comunidad altoandina de colibríes y flores en la cordillera oriental de Colombia. *Ornitología Colombiana* No. 7: 17-42.
- HOFSTEDE, R.; Coppus, R.; Mena Vásconez, P.; Segarra, P.; Wolf, J. y J. Sevink. 2002. El Estado de Conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *ECOTROPICOS* 15: 3 - 18.
- KRABBE, N. & J. Nilsson. 2003. Birds of Ecuador (DVD). Westernieland, Netherlands: Bird Songs International.
- LEGENDRE, P. & L. Legendre. 1998. *Numerical Ecology*. ELSIEVER. Ámsterdam, The Neatherlands.
- MARTIN, R. G. & H. P. Possingham. 2005. Predicting the impact of livestock grazing on birds using foraging height data. *J. Appl. Ecol.* 42:400-408.

- MINGA, D. & A. Verdugo. 2007. Riqueza florística y endemismo del Parque Nacional Cajas. Herbario Azuay, Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.
  
- MORALES J. & J. Estévez. 2006. El páramo: ¿Ecosistema en vías de extinción?. Universidad de Caldas. Caldas, Colombia. Luna Azul 22: 39-51.
  
- OKSANEN J.; Kindt R.; Legendre P.; O'Hara, B.; Simpson, G. L.; Solymos, P.; Henry, M.; Stevens, H. & H. Wagner. 2009. vegan: Community Ecology Package. R package version 1.15-4. <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
  
- OKSANEN, J. 2011. Multivariate analysis of ecological communities in R: vegan tutorial. <http://cran.r-project.org>
  
- QUINN G. P. & M. J. Keough. 2002. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
  
- RALPH, C. J.; Geupel, G. R.; Pyle, P.; Martin, T. E.; DeSante, D. F. & B. Milá. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-159. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 46 p.
  
- RIDGELY, R. & P. Greenfield. 2001. The birds of Ecuador: status, distribution and taxonomy. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, USA.
  
- RIDGELY, R. & P. Greenfield. 2006. Aves del Ecuador Vol II. Traducción: Ilán Greenfield Kalil. Fundación JOCOTOCO. Pp. 812.
  
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2008. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. <http://www.R-project.org>

- SARMIENTO, F. 2002. Anthropogenic change in the landscapes of Highland Ecuador. Universidad de Georgia. American The Geographical Review. 92 (2): 213-234.
- TINOCO, B. & P. Astudillo. 2007. Guía de campo de las aves del Parque Nacional Cajas. ETAPA. Cuenca, Ecuador.
- TERRÁDEZ, M. G. 2002. Análisis de componentes principales. Proyecto e-Math. Secretaría de Educación y Universidades. México, DF.
- VENABLES, W. N. & B. D. Ripley. 2002. Support Functions and Datasets for Venables and Ripley's MASS. R package. Version 7.3-21. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0. <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>
- WILSON, D.; Cole, F.; Nichols, J.; Rudran, R & M. Foster. 1996. Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standar Methods for Mammals. Smithsonian Institute Press. pp. 164-165.
- ZAR, J. 1984. Biostatistical Analysis. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey, U.S.A.

## ANEXOS

**Anexo 1.-**Valores de abundancia relativa para cada una de las especies registradas en el estudio en los transectos con presencia de ganadería y los transectos testigo, Parque Nacional Cajas, provincia del Azuay, Ecuador.

ESPECIES	Transectos con ganadería	Transectos testigos
Rayito brillante ( <i>Aglaeactis cupripennis</i> )		2
Arriero piquinegro ( <i>Agriornis montana</i> )	13	25
Canastero multilistado ( <i>Asthenes flammulata</i> )	48	95
Semillero paramero ( <i>Catamenia homochroa</i> )	2	
Semillero sencillo ( <i>Catamenia inornata</i> )	6	
Picoespada dorsiazul ( <i>Chalcostigma stanleyi</i> )	16	16
Cinclodes piquigrueso ( <i>Cinclodes excelsior</i> )	3	2
Cinclodes alifranjeado ( <i>Cinclodes fuscus</i> )	27	46
Soterrey sabanero ( <i>Cistothorus platensis</i> )	36	14
Picocono cinéreo ( <i>Conirostrum cinereum</i> )		1
Pinchaflor negro ( <i>Diglossa humeralis</i> )	2	
Becasina andina ( <i>Gallinago jamesoni</i> )	5	6
Gralaria leonada ( <i>Grallaria quitensis</i> )	16	26
Tijeral andino ( <i>Leptasthenura andicola</i> )	5	9
Metalura gorjivioleta ( <i>Metallura baroni</i> )	2	1
Dormilona de páramo ( <i>Muscisaxicola alpina</i> )		8
Pitajo dorsipardo ( <i>Ochthoeca fumicolor</i> )	4	1
Estrella ecuatoriana ( <i>Oreotrochilus chimborazo</i> )	4	2
Frigilo plumizo ( <i>Phrygilus unicolor</i> )	21	43
Colicardo murino ( <i>Schizocagriseo murina</i> )	2	1
Mirlo grande ( <i>Turdus fuscater</i> )	2	
Xenodacnis ( <i>Xenodacnis parina</i> )	5	5



## **LA AVIFAUNA DEL PARQUE NACIONAL CAJAS Y DE LA RESERVA MAZÁN CON NOTAS SOBRE REGISTROS NUEVOS E IMPORTANTES**

Pedro X. Astudillo<sup>1</sup>, David C. Siddons<sup>1</sup>, Boris A. Tinoco<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad del Azuay, Escuela de Biología, Ecología y  
Gestión, Laboratorio de Zoología, Av. 24 de Mayo 7-77,  
Cuenca, Ecuador

<sup>2</sup> Stony Brook University, Department of Ecology and  
Evolution, 65036 Life Science Building, Stony Brook,  
NY 11794, USA

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

## Resumen

El Parque Nacional Cajas se ha constituido en área de interés para científicos y aficionados de las aves, debido principalmente a que el parque es una muestra representativa de los ecosistemas andinos. La región andina presenta altos niveles de diversidad y a la vez fuertes presiones ocasionadas por actividades humanas. Es así que los parques nacionales son herramientas importantes para la conservación de la biodiversidad. Dentro de este marco es importante contar con listados completos de las especies que ocupan estos territorios. Las aves en particular son buenos indicadores de calidad de hábitat a más de ser un importante componente en actividades turísticas. El presente trabajo recoge las principales actividades ornitológicas desde inicios del siglo XX en el Parque Nacional Cajas. A más de hacer breves descripciones de especies de aves importantes para la conservación y para la región.

**Palabras clave:** Avifauna, aves alto-andinas, Parque Nacional Cajas, listado de aves

## Abstract

Cajas National Park is a representative sample of Andean ecosystems. For this reason the protected area has been of interest to scientists and birdwatchers. Besides, the Andean region harbors high levels of biodiversity, but is also under pressure by human's activities. Thus, the national parks are powerful tool for biodiversity conservation. To achieve this, it is important to have a full checklist of the organisms that occupying these territories. In particular, birds are a good indicator of habitat quality and also an important component for touristic activities. This report gathers the most important ornithological activities in Cajas National Park since the beginning of 20<sup>th</sup> century. Further, short descriptions of important bird species for conservation and the region are made.

**Key words:** Avifauna, birds andean region, Cajas National Park, bird lists

## Introducción.

La región andina contiene la mayor concentración de especies endémicas en Sudamérica (Stattersfield et al. 1998) y un gran número de especies amenazadas (Stotz et al. 1996). Lamentablemente la pérdida de hábitat en esta región es extensiva (Stotz et al. 1996, Wedge & Long 1995) y los escasos remanentes de áreas naturales que aún permanecen son presionados fuertemente por actividades humanas, en donde se reportan alarmantes tasas de pérdida (Sierra et al. 1999, Hofstede et al 2002). Dentro de este marco, las áreas protegidas en especial los parques nacionales son herramientas muy importantes para la conservación, ya que son zonas en donde se garantiza el mantenimiento de la diversidad biológica, los procesos ecológicos y los servicios de los ecosistemas (Bucheli 2007).

En el Ecuador, el Parque Nacional Cajas (PNC), creado en 1996 (antes de esta fecha, en 1977 el sitio era considerado Área Nacional de Recreación) y la reserva Mazán son áreas de conservación de hábitat altoandinos en la cordillera occidental de los Andes sur, que en la actualidad funcionan bajo una misma administración y están integradas dentro de la figura Parque Nacional Cajas. Desde sus inicios como áreas protegidas han levantado el interés biológico de científicos y aficionados de las aves. Varios trabajos han demostrado sus particularidades e importancia para la conservación. Por ejemplo, Krabbe, et al. (1998) nominan al parque como área irremplazable para la conservación de las aves a nivel nacional, Wege & Long, (1995) mencionan que es un área clave para la conservación de las aves en el Ecuador, en tanto que Fjeldsa (2002) coloca al parque

como una prioridad de conservación para las aves de bosques de *Polylepis* y Devenisch et al. (2009) incluye al área protegida dentro de su listado de IBAs (áreas importantes para la conservación de aves).

El presente trabajo presenta una revisión a la avifauna del PNC y a la adjunta reserva de Mazán, recogiendo datos de investigaciones desde la década de los 80' del siglo pasado hasta la actualidad. Son pocos los sitios en los Andes de los que se dispone en detalle de listados de avifauna y actualizados. Esta información es clave, con amplias aplicaciones en ecología, evolución y conservación.

### ***Breve reseña histórica.***

A finales de los años setenta en el siglo XX empiezan las primeras exploraciones ornitológicas en el Parque Nacional Cajas en las que destacan registros de Ridgely (1980). Ortiz-Crespo (1984) publica el primer registro detallado para este siglo de la especie endémica *Metalura gorjivioleta* (*Metalura baroni*). En 1986 y 1987 una expedición inglesa visita el área con el objetivo de realizar inventarios de biodiversidad, concentrando sus trabajos en el área de la reserva Mazán, y publican los primeros listados de aves (Robinson 1987, King 1988). Mientras que para los años 90 varios investigadores realizan trabajos en la zona, que incluyen guías de campo de la reserva Mazán (Toral 1996, Rodas 1998), análisis de composición de la avifauna (Toral 1996) y la reserva de Mazán es incluida en comparaciones de diversidad de aves a través de la región (Poulsen y Krabbe 1998). Durante esa misma década varios investigadores y tours de turismo ornitológico visitaron el sector contribuyendo con información para publicaciones

ornitológicas. Esta información está recogida en el libro *Birds of Ecuador* (Ridgely & Greenfield 2001).

En el siglo XXI, Rodas y Tinoco (2003) lideraron el componente ornitológico del plan de manejo del área protegida y se da la primera recopilación exhaustiva de la avifauna del Parque Nacional Cajas y la reserva Mazán. Posteriormente esta información fue básica para que estos dos sitios ingresaran en el listado de áreas importantes para la conservación de aves en los Andes tropicales (Freile y Santander 2005). En el 2007 la administración del PNC publica la primera guía de campo de esta área protegida (Tinoco y Astudillo 2007). Desde inicios del mismo año el Parque Nacional Cajas, con la colaboración de investigadores de Stony Brook University – USA, National Aviary – USA y Universidad del Azuay – Ecuador vienen conduciendo un programa de investigación de aves enfocándose en estudios sobre cambios temporales en la diversidad de aves (Latta et al 2009), efectos de fragmentación de hábitat, respuestas a niveles de disturbio en las comunidades de aves, e investigaciones sobre especies amenazadas como *Metallura baroni* (Tinoco et al. 2009) y *Vultur gryphus* (Astudillo et al. 2011). Finalmente, a inicios del 2012 investigadores de la Universidad del Azuay recopilan información de expediciones, líneas base biológicas y monitoreos de fauna de la región, que incluyen en su mayoría, registros ornitológicos de alrededor de seis años atrás, del Parque Nacional Cajas y la reserva Mazán.

### **Área de estudio.**

El Parque Nacional Cajas y la reserva Mazán son dos áreas adjuntas (Mapa 1), ubicadas en la provincia del Azuay

a 30 Km al oeste de la ciudad de Cuenca. La reserva Mazán es manejada dentro de la figura administrativa del Parque Nacional Cajas desde 2003. Sin embargo desde 1995 hasta la actualidad la reserva tiene un manejo estricto, en el cual únicamente se permiten actividades de investigación y las visitas al sector están altamente controladas. Ambas áreas protegidas se encuentra en el Sur de los Andes occidentales del Ecuador, cubriendo un área total de 28 544 ha, con altitudes que varían desde los 3100 a los 4445 m s.n.m. El área muestra pendientes fuertes superiores a los 25 grados y planicies pequeñas (Delgado *et al.* 2006). Es común observar evidencias de glaciaciones del pleistoceno, en donde destacan pendientes superiores a 25 grados, valle en forma de “U”, depósitos morrénicos, paredes verticales y planicies pequeñas (Delgado *et al.* 2006, Harden y Borrero 2005). La zona muestra precipitaciones promedio anuales de 1200 mm y las temperaturas pueden fluctuar entre 0 y 20°C (IERSE 2004).

En el área de estudio se pueden diferenciar tres tipos de vegetación: bosque nublado altoandino, bosque altoandino y páramo herbáceo que incluye más de 1000 fragmentos de bosque de *Polylepis* (Rosaceae) que varían en forma y tamaño (<1 ha – 44 ha; Baquero *et al.* 2004, Minga y Verdugo 2007). Sin embargo, el Parque Nacional Cajas contiene un 90% de páramo herbáceo, en tanto que la reserva Mazán presenta en mayor proporción bosque altoandino. No obstante, el páramo herbáceo es el ecosistema dominante en el sector.

## La Avifauna del Parque Nacional Cajas y la reserva Mazán.

En el área se han registrado un total de 150 especies, que se distribuyen en 15 órdenes y 37 familias. La familia con más especies es Trochilidae con 24 especies, seguida por Tyrannidae con 20 especies, Thraupidae con 17 especies, Furnariidae con 11 especies. El bosque andino registra el mayor número de especies con 90. En tanto que el páramo tiene 27 especies. Sin embargo, dentro de este ecosistema, en la subunidad de bosques de *Polylepis* hay una sola especie restringida a este hábitat, otras siete están ocupando el bosque andino y los fragmentos de *Polylepis* y en tanto que, en igual número de especies habitan el páramo y los bosquetes de *Polylepis*. Finalmente, 18 especies son de amplia distribución y están compartiendo a través de todos los hábitat del área protegida (Tabla 1). Al respecto de especies extraordinarias, se han reportado seis especies que presentan algún grado de amenaza a la extinción (BirdLife International. 2004), seis especies endémicas que pertenecen a dos centros de endemismo (Páramo de los Andes Centrales y Andes Centrales del Sur, Stattersfield *et al.* 1998) y siete especies migratorias (Ridgely & Greenfield 2001, Tabla. 1)

La riqueza de aves de los bosques altoandinos no cambia drásticamente a través de la región en el Ecuador; sin embargo, la composición de especies muestra altas tasas de cambio (Poulsen y Krabbe 1998). Los bosques andinos del área de estudio, en especial de la reserva Mazán, están altamente diferenciados en su composición de otras localidades al norte del Ecuador (Poulsen y Krabbe 1998), incluso hay una ligera tendencia a separar las aves del bosque alto andino de Mazán y de su similar, el bosque

altoandino de Llaviucu dentro del Parque Nacional Cajas (Graham et al. 2008). En donde aves especialistas de bosque altoandino están asociadas al área de Mazán (Graham et al. 2008, Tinoco y Astudillo 2007). Además, en comparaciones temporales en 10 años de diferencia (1994 – 95 hasta 2006 - 07) la similitud entre estos períodos no es muy alta (47.6%), aquí se evidencia una disminución de la riqueza y la detección de las aves demanda mayor esfuerzo (Latta et al. 2011). De tal forma, pone en evidencia el alto interés ornitológico y de conservación del área de estudio.

Al respecto de las especies de páramo los valores de riqueza tampoco varían ampliamente. En el siglo XX Chapman (1926) reporta 33 especies para los páramos ecuatorianos, en dónde muchas veces estos valores tienden a fluctuar entre regiones ya que varias aves son de amplia distribución (Carrión 2000). El mismo autor propone alrededor de 24 especies exclusivas para el ecosistema de páramo. Este valor está muy cercano a la riqueza reportada para el área de estudio. Sin embargo, nuevamente destaca su composición en la cual los hábitat de bosque de *Polylepis* registran valores importantes y han sido destacados previamente (ej.: Ridgely 1980, Ridgely & Greenfield 2001, Astudillo y Tinoco 2007). Especies fuertemente asociadas a este hábitat, como *Xenodacnis parina* y *Oreomanes fraseri* muy probablemente tengan en el PNC una de las abundancias más interesantes en el Ecuador (Ridgely & Greenfield 2001, Tinoco y Astudillo 2007). La composición no solo es relevante a los bosques de *Polylepis* a más de este hábitat, a través de todo el páramo del PNC es posible encontrar a *Metallura baroni*, una de las ocho especies de aves endémicas exclusivas del Ecuador (Astudillo y Tinoco 2007, Tinoco et al. 2009).

El área de estudio es la única área protegida, dentro del rango de distribución de esta especie (Tinoco et al. 2009), en donde se garantiza su conservación y la de sus hábitat.

## Revisión de especies importantes.

### **Garza nocturna coroninegra** *Nycticorax nycticorax*

En el PNC es una especie rara y existen registros temporales en el sector de Llaviucu, siendo uno de los primeros el 27 de Febrero de 1999 (L. Navarrete *et al.*, sin año) a 3160 m s.n.m. Desde el año 2000 existen varios registros esporádicos de la especie en la misma laguna en diferentes meses del año. El 11 de Julio de 2007, en el sector de Patoquinuas a 3800 m s.n.m. se observó un individuo con plumaje juvenil en el borde de la laguna posada sobre un árbol de *Polylepis* (P. X. Astudillo). El estatus de esta especie en los Andes no está claro, pero las poblaciones tienden a ser mucho más reducidas en tierras altas debido a un excesivo disturbio (Ridgely and Greenfield 2001). En el PNC estos registros serían de individuos transeúntes.

### **Elanio tijereta** *Elanoides forficatus*

El 23 de Agosto del 2007 se registró un individuo (P. X. Astudillo) en el sector de Cucheros a 3900 m s.n.m. planeando sobre un fragmento de bosque de *Polylepis*, la dirección de vuelo fue suroeste hacia noroeste. Los registros en los páramos podrían explicarse como transeúntes incluso encima de los 3500 m s.n.m. o más (Ridgely & Greenfield 2001). Es difícil saber si este individuo cubría una ruta migratoria. Podría tratarse de una migratoria transeúnte, en todo caso estos registros son escasos en los páramos de los Andes sur del Ecuador.

### **Rascón ecuatoriano *Rallus aequatorialis***

En el PNC es un registro nuevo, 24 de noviembre de 2007 se observaron dos individuos en los pastos altos a orillas de la laguna de Llaviucu a 3160 m s.n.m. (B. A. Tinoco y J. M. Falcón.). Desde el 2008, en diferentes épocas del año, se ha observado a la especie en la misma laguna. El último registro se dio en la misma localidad el 8 de Marzo de 2012. (P. X. Astudillo). Aparentemente estos registros son nuevos en el Parque Nacional Cajas, es probable que esta especie estuviera presente en el sector por mucho tiempo atrás, pero debido a su hábito tímido no fue registrado anteriormente.

### **Cormorán neotropical *Phalacrocorax brasilianus***

Un individuo fue registrado con plumaje juvenil, el 09 de noviembre de 2006, al borde de la laguna Llaviucu a 3160 m s.n.m. (B. Tinoco y P. Astudillo). El cormorán presentaba un comportamiento errático, se desplazaba constantemente de orilla a orilla de la laguna, en donde realizaba perchas cortas no mayores a dos minutos, justo en el borde del bosque montano, para luego continuar volando sin aparente dirección. Este comportamiento duró alrededor de 15 minutos, al final el individuo se alejó de la localidad en dirección noroccidente. En el Ecuador es considerada una especie rara, con pocos registros, la mayoría asociados a tierras bajas del este (Ridgely & Greenfield 2001). Estos mismos autores mencionan un solo registro en lagunas de tierra altas, en la localidad de Yaguarcocha por Lönnberg y Rendahl (1922). El registro en la laguna de Llaviucu puede ser uno de los primeros en los andes occidentales en el siglo XXI.

### **Metalura gorjivioleta *Metallura baroni***

Una de las ocho especies exclusivas del Ecuador, se encuentra en peligro crítico (BirdLife International 2004). El rango de distribución de este colibrí es desde el sur del río Cañar hasta el norte del río Jubones sobre los 3000 m s.n.m. de los Andes occidentales (Tinoco et al. 2004). Pocos registros de esta especie han sido reportados para los Andes orientales (Ridgely & Greenfield 2001, Hobson et al. 2003), es probable de que se tratase de individuos vagrantes (Tinoco et al. 2009). El área en donde se distribuye el *Metallura baroni* no supera los 2000 Km<sup>2</sup> (Tinoco et al 2009) siendo el Parque Nacional Cajas y la reserva Mazán las únicas áreas protegidas dentro de su rango de distribución. En este rango es común observarlo en páramos arbustivos, fragmentos de bosque de *Polylepis* y el borde entre el bosque montano y el páramo, aunque estacionalmente es posible observarlo en áreas abiertas de bosque en donde el hábitat no tenga un dosel cerrado, en estos hábitat es fácil encontrarlo alimentándose de flores del género *Brachyotum* (Tinoco et al 2009).

### **Tinamú piquicurvo *Nothoprocta curvirostris***

En la laguna de Llaviucu a 3160 m s.n.m. un individuo fue observado por varios minutos caminando sobre la carretera, junto a la laguna, que conduce a la antigua cervecería. Este es el primer registro de la especie en los Andes occidentales al sur del Ecuador, sus registros llegaban hasta la provincia de Chimborazo (Ridgely y Greenfield 2001). Sin embargo, se han reportado dos observaciones más para la región, ambas a 20 km al sur de los límites del PNC. La primera el 30 de junio de 2009 (J. C. Sánchez) y la segunda el 16 de septiembre de 2009 (P. X. Astudillo). Ambos registros en las localidades de río Casco y Bermejos respectivamente.

### **Xenodacnis** *Xenodacnis parina*

Es una especie con poblaciones muy pequeñas y fragmentadas, ubicadas entre los 3700 y 4000 m s.n.m. La mayoría de registros en el Parque Nacional Cajas (Ridgely & Greenfield 2001). Esta especie ha sido fuertemente asociada a los fragmentos de *Polylepis*, en especial aquellos con abundantes árboles y arbustos del género *Gynoxis* del parque nacional, en donde las áreas de vida de esta especie tienden a estar fuertemente asociadas a *Gynoxis*, con números elevados de individuos, incluso en fragmentos con áreas muy reducidas. Es muy probable que en el Parque Nacional Cajas la especie *Xenodacnis parina* presente la mayor abundancia para todo el Ecuador.

### **Picocono gigante** *Oreomanes fraseri*

Al sur del Ecuador se presentan en poblaciones muy localistas, en especial, en el Parque Nacional Cajas (Ridgely & Greenfield 2001). En este sitio la especie está asociada a la mayoría de los fragmentos de *Polylepis*. En este hábitat está en parejas o integrando bandadas, en especial con otras especies como *Mecocerculus leucophrys* y *Margarornis squamiger* (P. X. Astudillo obs. pers.). Esta ave aprovecha ágilmente la corteza papelosa de los árboles de *Polylepis* en la cual encuentra artrópodos ocultos entre los pliegues de corteza.

### **Cóndor andino** *Vultur gryphus*

Ave emblemática de los altos Andes de América del Sur, las poblaciones tienden a ser más reducidas al norte del subcontinente (Fjeldså & Krabbe 1990). Es así que a escala global está considerado casi amenazado (BirdLife 2004), pero en el Ecuador está como una especie en peligro crítico (Granizo et al. 2002). La extensiva conversión de

los páramos obliga a forrajear al cóndor andino cerca de zonas de ganado. Como resultado los granjeros no toleran su presencia e incrementan las actividades de cacería y envenenamiento (Koester 2002). El Parque Nacional Cajas ha sido uno de los remanentes de la población del cóndor andino en el sur del Ecuador (Toral 1996, Rodas & Tinoco 2003, Astudillo et al 2011). A finales del siglo XX era frecuente encontrar grupos relativamente grandes dentro del área protegida, sin embargo este número ha venido reduciéndose haciendo a la especie muy rara. Así que para el 2003 se reportan 10 individuos (Rodas & Tinoco 2003) y en el 2011 se registran seis individuos usando búsquedas intensivas y estaciones de alimentación (Astudillo et al. 2011).

#### **Martín arenero** *Riparia riparia*

Un individuo fue observado por B.T. en la Laguna Illincocha a 4100 m realizando vuelos razantes sobre la laguna junto a un grupo de *Notiochelidon murina* el 16 de noviembre de 2006. En el Ecuador existen pocos registros de la especie en los Andes y este es el primer reporte sobre los 4000 m s.n.m.

Tabla 1. Lista de aves del Parque Nacional Cajas. Los símbolos denotan los siguientes hábitat: **Ma.** Matorral y Arbustos, **P.** Páramo, **Bq.** Bosque de quinua (*Polylepis*), **Ps.** Pastos, **Lg.** Lagunas, **Ar.** Arroyos y Ríos, **B.** Bosque. Para los niveles de amenaza los símbolos denotan lo siguiente: **CR.** En peligro crítico, **EN.** En peligro, **VU.** Vulnerable y **NT.** Casi amenazada. Los valores de abundancia representan: **Muy común.** Especie que es fácil de encontrarla y se ve en números abundantes en los hábitat adecuados, **Común.** Especie que es fácil de encontrarla y se la ve en números reducidos en los hábitat adecuados, **Poco Común.** Especie que se registra en pocas ocasiones en los hábitat adecuados, **Rara.** Especie difícil de registrar y de la que existen pocas observaciones en el área. Las especies están ordenadas según Ridgely & Greenfield (2001) y la clasificación de la abundancia es tomada de Tinoco y Astudillo (2007).

Nombre común	Nombre Científico	Hábitat	Endemismo	Amenaza	Abundancia
Azor pechillano	<i>Accipiter ventralis</i>	B,			Raro
Andarrios coleador	<i>Actitis macularia</i>	Lg, Ar			Raro
Colibrí jaspeado	<i>Adelomyia melanogenys</i>	B, Ma			Común
Rayito brillante	<i>Aglaeactis cupripennis</i>	B, Ma			Común
Arriero piquinegro	<i>Agriornis montana</i>	P			Raro
Amazona nuquiescamosa	<i>Amazona mercenaria</i>	B			Raro
Cacique piquiamarillo	<i>Amblycercus holosericeus</i>	B			Raro
Cotinga crestirroja	<i>Ampelion rubocristatus</i>	P, B			Poco común

Cachudito torito	<i>Anairetes parulus</i>	B, Ma		Raro
Cerceta andina	<i>Anas andium</i>	P, Lg		Común
Ánade picoamarillo	<i>Anas georgica</i>	P, Lg		Raro
Tucán andino pechigris	<i>Andigena hypoglauca</i>	B	NT	Poco común
Tangara montana ventriescarlata	<i>Anisognathus igniventris</i>	B, Ma, Bp		Común
Tangara montana lagrimosa	<i>Anisognathus lacrymosus</i>	B		Raro
Tangara montana aliazul	<i>Anisognathus sompuosus</i>	B		Raro
Bisbita del páramo	<i>Anthus bogotensis</i>	P		Raro
Canastero multilistado	<i>Asthenes flamulata</i>	P, Bp		Poco común
Matorralero nuquirrufo	<i>Atlapetes latinuchus</i>	B, Ma		Común
Matorralero aliblanco	<i>Atlapetes leucopterus</i>	B, Ma		Poco común
Reinita coronirrojiza	<i>Basileuterus coronatus</i>	B		Muy común
Reinita crestinegra	<i>Basileuterus nigrocristatus</i>	B, Ma		Común
Coronita pechicastaña	<i>Boissonneaua matthewsii</i>	B		Poco común
Perico barreteado	<i>Bolborhynchus lineola</i>	B		Raro

Matorralero cabecillado	<i>Buarremon torquatus</i>	B, Ma	Poco común
Búho coronado americano	<i>Bubo virginianus</i>	B, Bp	Poco común
Gavilán variable	<i>Buteo polyosoma</i>	P	Común
Tangara montana pechinegra	<i>Buthraupis eximia</i>	B	Raro
Playero de Baird	<i>Calidris bairdii</i>	P, Lg	Poco común
Carpintero poderoso	<i>Campephilus pollens</i>	B	Raro
Chotacabras alifajeado	<i>Caprimulgus longirostris</i>	B, Ma	Poco común
Jilguero encapuchado	<i>Carduelis magellanica</i>	P, Bp, Ma	Común
Gorriadiadema	<i>Catamblyrhynchus diadema</i>	B, Ma	Raro
Semillero colifajeado	<i>Catamenia analis</i>	Ma	Raro
Semillero paramero	<i>Catamenia homochroa</i>	P, B	Raro
Semillero sencillo	<i>Catamenia inornata</i>	P	Muy común
Gallinazo cabecirrojo	<i>Cathartes aura</i>	B	Raro
Zorzal sombrío	<i>Catharus fuscater</i>	B	Raro
Zorzal de Swainson	<i>Catharus ustulatus</i>	B	Raro

Estrellita ventriblanca	<i>Chaetocercus mulsant</i>	B, Ma		Raro
Pico espina arcoiris	<i>Chalcostigma herrani</i>	B, Ma		Raro
Picoespina dorsiazul	<i>Chalcostigma stanleyi</i>	P, Bp		Común
Cinclodes piquigrueso	<i>Cinclodes excelsior</i>	P	Páramos de los Andes centrales	Poco común
Cinclodes alifranjeado	<i>Cinclodes fuscus</i>	P		Muy común
Mirlo de agua gorriblanco	<i>Cinclus leucocephalus</i>	Ar		Poco común
Soterrey sabanero	<i>Cistothorus platensis</i>	P, Ma		Poco común
Alinaranja lomirrojiza	<i>Cnemarchus erythropygius</i>	P, Bp		Común
Frentiestrella arcoiris	<i>Coeligena iris</i>	B, Ma	Andes centrales del sur	Común
Inca collarejo	<i>Coeligena torquata</i>	B		Poco común
Colibrí orejavioleta ventriazul	<i>Colibri coruscans</i>	B, Ma		Común
Orejavioleta verde	<i>Colibri thalassinus</i>	B, Ma		Raro
Paloma collareja	<i>Columba fasciata</i>	B, Ma		Raro
Picocono cinereo	<i>Conirostrum cinereum</i>	Ma		Poco común
Picocono dorsiazul	<i>Conirostrum sitticolor</i>	B		Poco común

Gallinazo negro	<i>Coragyps atratus</i>	Todos / All		Raro
Colaespina cachetiilneada	<i>Cranioleuca antisimensis</i>	B, Ma		Poco común
Urraquita turquesa	<i>Cyanolyca turcosa</i>	B		Común
Pinchaflor flanquiblanco	<i>Diglossa albilatera</i>	B		Poco común
Pinchaflor negro	<i>Diglossa humeralis</i>	B, Ma, Bp		Común
Pinchaflor enmascarado	<i>Diglossopsis cyanea</i>	B		Común
Tangara montana pechianteada	<i>Dubusia taeniata</i>	B, Ma		Raro
Elaenia crestiblanca	<i>Elaenia albiceps</i>	B, Ma		Raro
Elanio tijereta	<i>Elanoides forficatus</i>	B		Raro
Colibrí pico espada	<i>Ensifera ensifera</i>	B, Ma		Raro
Zamarrito colilargo	<i>Eriocnemis luciani</i>	B, Ma		Común
Zamarrito luciente	<i>Eriocnemis vestitus</i>	B, Ma		Poco común
Halcón aplomado	<i>Falco femoralis</i>	P		Raro
Halcón peregrino	<i>Falco peregrinus</i>	P, Ma	VU	Raro
Cernícalo americano	<i>Falco sparverius</i>	Ma		Común

Gallareta andina	<i>Fulica ardesiaca</i>	Lg, Ar			Común
Becasina andina	<i>Gallinago jamesoni</i>	P			Común
Águila pechinegra	<i>Geranoaetus melanoleucus</i>	P, Ma			Poco común
Mochuelo andino	<i>Glaucidium jardinii</i>	B			Poco común
Gralaria leonada	<i>Grallaria quitensis</i>	P, B			Muy común
Gralaria coronicastaña	<i>Grallaria ruficapilla</i>	B, Ma			Poco común
Gralaria rufa	<i>Grallaria rufula</i>	P, B			Común
Gralaria ondulada	<i>Grallaria squamigera</i>	B			Poco común
Loro carirrojo	<i>Hapalopsittaca pyrrhops</i>	B	Andes centrales del sur	EN	Raro
Solangel gorjipúrpura	<i>Heliangelus viola</i>	B, Ma	Andes centrales del sur		Poco común
Colaespina cejiblanca	<i>Hellmayrea gularis</i>	B			Poco común
Hemispingo cejón	<i>Hemispingus superciliosus</i>	B, Ma			Común
Hemispingo cabecinegro	<i>Hemispingus verticalis</i>	B, Ma, P			Raro
Soterrey montés pechigris	<i>Henicorhina leucophrys</i>	B			Poco común

Colibrí terciopelo	<i>Lafresnaya lafresnayi</i>	B, Ma			Común
Gaviota andina	<i>Larus serranus</i>	P, Lg			Común
Tijeral andino	<i>Leptasthenura andicola</i>	P, Bp			Poco común
Perico cachetidorado	<i>Leptosittaca branickii</i>	B		EN	Raro
Paloma apical	<i>Leptotila verreauxi</i>	B, Ma			Raro
Colacintillo coliverde	<i>Lesbia nuna</i>	B, Ma			Raro
Colacintillo colinegro	<i>Lesbia victoriae</i>	P, Ma			Poco común
Añapero ventrírrufo	<i>Lurocalis rufiventris</i>	B, Ma			Raro
Subepalo perlado	<i>Margarornis squamiger</i>	B, Bp, Ma			Común
Tiranillo barbiblanco	<i>Mecocerculus leucophrys</i>	B, Bp, Ma			Muy común
Tiranillo alibandeado	<i>Mecocerculus stictopterus</i>	B			Común
Metalura gorjivioleta	<i>Metallura baroni</i>	P, B, Bp	Andes centrales del sur	EN	Común
Metalura tiria	<i>Metallura tyrianthina</i>	B, Ma			Muy común
Metalura verde	<i>Metallura williami</i>	P, B			Raro
Mosquerito cuellilistado	<i>Mionectes straticollis</i>	B, Ma			Raro
Dormilona del páramo	<i>Muscisaxicola alpina</i>	P			Raro

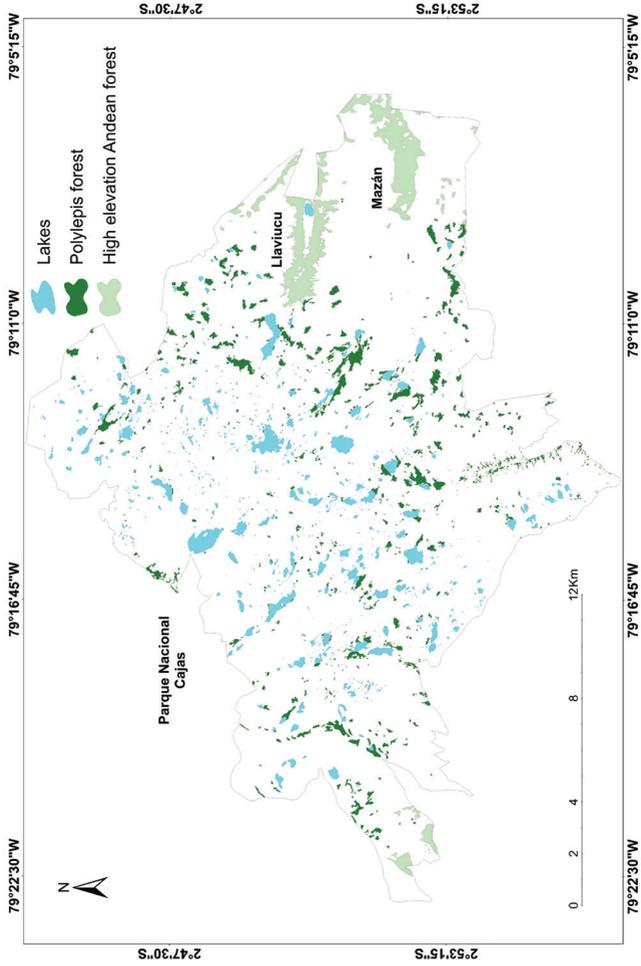
Candelita de anteojos	<i>Myioborus melanocephalus</i>	B		Muy común
Candelita goliplomiza	<i>Myioborus miniatus</i>	B		Raro
Aliararaja ahumada	<i>Myiotheretes fumigatus</i>	B		Raro
Aliararaja golilistada	<i>Myiotheretes striaticollis</i>	B		Raro
Tinamú piquicurvo	<i>Nothoprocta curvirostris</i>	P, Lg		Raro
Golondrina ventricafé	<i>Notiochelidon murina</i>	P, Ma		Muy común
Garza nocturna Coroninegra	<i>Nycticorax nycticorax</i>	B, Lg		Raro
Pitajo dorsipizarro	<i>Ochthoeca cinnamomeiventris</i>	B		Poco común
Pitajo ventriamarillo	<i>Ochthoeca diadema</i>	B		Común
Pitajo coronado	<i>Ochthoeca frontalis</i>	B		Poco común
Pitajo dorsipardo	<i>Ochthoeca fumicolor</i>	P, B, Bp		Muy común
Pitajo pechirrufo	<i>Ochthoeca rufipectoralis</i>	B		Raro
Picocono gigante	<i>Oreomanes fraseri</i>	Bp	VU	Raro
Estrella ecuatoriana	<i>Oreotrochilus chimborazo</i>	P		Común
Autillo goliblanco	<i>Otus albogularis</i>	B		Raro

Pato rojizo andino	<i>Oxyura ferruginea</i>	P, Lg		Común
Colibrí gigante	<i>Patagona gigas</i>	P, B, Ma		Poco común
Pava andina	<i>Penelope montagnii</i>	B		Común
Cormorán neotropical	<i>Phalacrocorax brasilianus</i>	Lg, Ar		Raro
Caracara curiquinge	<i>Phalacroboenus carunculatus</i>	P	Páramos de los Andes centrales	Común
Picogrueso amarillo sureño	<i>Pheucticus chrysogaster</i>	Ma		Común
Frigilo plumizo	<i>Phrygilus unicolor</i>	P, Ma,		Muy común
Tiranolete gorrinegro	<i>Phyllomyias nigrocapillus</i>	B		Raro
Tiranolete lomileonado	<i>Phyllomyias uropygialis</i>	B		Poco común
Carpintero dorsicarmesí	<i>Piculus rivolii</i>	B		Poco común
Loro gorriblanco	<i>Pionus seniloides</i>	B		Raro
Zambullidor plateado	<i>Podiceps occipitalis</i>	P, Lg	VU	Raro
Barbablanca rayada	<i>Pseudocolaptes boissonneautii</i>	B		Poco común
Alizafiro grande	<i>Pterophanes cyanopterus</i>	B, P		Raro
Mosquerito canelo	<i>Pyrrhomyia cinnamomea</i>	B		Poco común
Rascón ecuatoriano	<i>Rallus aequatorialis</i>	Lg, Ar		Raro

Picoespina dorsipúrpura	<i>Rhamphomicon microrhynchum</i>	B, Ma	Raro
Martín arenero	<i>Riparia riparia</i>	P	Raro
Febe guardarríos	<i>Sayornis nigricans</i>	Ar, Ma	Poco común
Colicardo murino	<i>Schizoeaca griseomurina</i>	P, Bp	Poco común
Tapaculo unicolor	<i>Scytalopus latrans</i>	B, Ma	Muy común
Vencejo cuelliblanco	<i>Streptoprocne zonaris</i>	P, B	Poco común
Búho rufibandeado	<i>Strix albitarsis</i>	B	Raro
Colaespina de azara	<i>Synallaxis azarae</i>	B, Ma	Muy común
Tangara azulinegra	<i>Tangara vassorii</i>	B	Común
Tangara pechicanela	<i>Thlypopsis ornata</i>	B, Ma	Poco común
Trepamusgos flamulado	<i>Thripadectes flammulatus</i>	B	Raro
Soterrey montaños	<i>Troglodytes solstitialis</i>	B	Poco común
Trogón enmascarado	<i>Trogon personatus</i>	B	Poco común
Mirlo grande	<i>Turdus fuscater</i>	P, B, Bp	Muy común
Mirlo negribrilloso	<i>Turdus serranus</i>	B	Raro

Cachudito ágil	<i>Uromyias agilis</i>	B, Ma		Poco común
Avefría andina	<i>Vanellus resplendens</i>	P		Poco común
Carpintero ventribarrado	<i>Veniliornis nigriceps</i>	B		Raro
Cóndor andino	<i>Vultur gryphus</i>	P	CR	Poco común
Xenodacnis	<i>Xenodacnis parina</i>	P, Bp	EN	Raro
Chingolo	<i>Zonotrichia capensis</i>	Ma		Muy común
Esmerejón	<i>Falco columbarius</i>	P, B, Ma		Raro
Búho orejicorto	<i>Asio flammeus</i>	P		Raro
Patiamarillo mayor	<i>Tringa melanoleuca</i>	P, Lg		Raro

---



Mapa 1. Área de estudio. Parque Nacional Cajas y la reserva Mazán.

## Bibliografía

Astudillo, P.X, B. A. Tinoco, C. H. Graham, y S. C. Latta. 2001. Assessing methods for estimating minimum population size and monitoring Andean Condors (*Vultur gryphus*) in southern Ecuador. *Ornitología Neotropical*, 22: 257-265.

Baquero, F., R. Sierra, L. Ordoñez, M. Tipan, L. Ezpinosa, M. B. V. Rivera y P. Soria. 2004. La vegetación de los andes del Ecuador. Eco-ciencia/CESLA-Corporación EcoPar-MAG SIGAGRO-CDC-Jatunsacha-División Geográfica- IGM. Quito, Ecuador.

BirdLife International 2004. Threatened birds of the world. BirdLife International, Cambridge, UK.

Chapman. F. 1926. The distribution of Bird-Life in Ecuador. A contribution to a study of the origin of Andean Bird-Life. *Bull. Mus. A.m. Mus. Nat. Hist.* 55.

Devenish, C., D. F. Díaz Frnández, R. P. Clay, I. Davidson, y I. Yépez Zabala. Eds. 2009. Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation. BirdLife International, Conservation Series No. 16. Quito, Ecuador

Delgado, O., López, F., Aguilar, M., Cordero., M. (2006). Componente Geomorfología Glaciar del Parque Nacional Cajas – Ecuador. Informe técnico, Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador.

Fjeldså, J., & N. Krabbe. 1990. Birds of the high Andes. Zoological Museum. Univ. of Copenhagen and Apollo Books, Svendborg, Denmark.

Fjeldså, M. (2002). Key areas for conserving the avifauna of *Poylepis* forest. *Ecotropica* 8: 125 – 131.

Freile, J. F. y Santander, T. 2005. Áreas Importantes para la conservación de las aves en Ecuador. Pp. 283-470. En: BirdLife International y Conservation International. Áreas Importantes para la Conservación de las Aves en los Andes Tropicales: sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad. BirdLife International. Serie de Conservación No. 14. Quito, Ecuador

Graham, C. H., B. A. Tinoco, S. C. Latta, P. X. Astudillo. 2008. Comparison of bird communities across hábitat types in Cajas National Park. Technical Report. (documento no publicado)

Granizo, T., C. Pacheco, M. B. Ribadeneira, M. Guerrero, L. Suarez (Editores). (2002). Libro Rojo de las Aves del Ecuador. SIMBIOE/Conservación Internacional/Eco-Ciencia/Ministerio del Ambiente/UICN/. Serie Libros Rojos del Ecuador, tomo 2. Quito, Ecuador.

Harden, C. y A. L. Borrero. 2005. Report on the Geomorphology of Parque Nacional Cajas. (documento no publicado).

Hobson, K. A., Wassenaar, L. I., Milá, B., Lovette, I. J., Dingle, C. y Smith, T. B. 2003. Stable isotopes as indicators of altitudinal distributions and movements in an Ecuadorean hummingbird community. *Oecología* 136:302-308.

Hofstede, R., R. Coppus, P. Mena-Vásconez, P. Segarra, J. Wolf, & J. Sevink. 2002. El estado de conservación de los páramos de pajonal en el Ecuador. *Ecotropicos*. 15(1): 3-18.

IERSE. 2004. Estaciones Meteorológicas de la Cuenca del río Paute. Universidad del Azuay. Cuenca- Ecuador.

King, J. 1988. Notes on the birds of the Mazán valley, Azuay Province, Ecuador, with special reference to *Leptosittaca branickii*, *Hapalopsittaca amazonia pyrrhops* and *Metallura baroni*. Bull British Ornithologist Club. U.K.

Koester, F. 2002. C6ndor Andino (*Vultur gryphus*). P. 74 en Granizo, T., C. Pacheco, M. B. Ribadeneira, M. Guerrero, & L. Su6rez (eds.). Libro rojo de las aves amenazadas del Ecuador. SIMBIOE, Conservaci6n Internacional, EcoCiencia, Ministerio del Ambiente, UICN Serie Libros Rojos del Ecuador, Quito, Ecuador.

Krabbe, N., F. Skov, J. Fjelds6 e I.K. Petersen.1998. Avian diversity in the Ecuadorian Andes. Centre for Research on Cultural and Biological Diversity of Andean Rainforest (DIVA). pp. 1-143. DIVA Technical Report. Dinamarca.

Latta, S. C., Tinoco, B.A., Astudillo, P.X. and C.H. Graham. 2011. Patterns and magnitude of temporal change in avian communities in the Ecuadorian Andes. Condor 113(1):24-40.

Minga, D. y Verdugo, A. (2007). Riqueza florística y endemismo del Parque Nacional Cajas. Informe t6cnico, Herbario Azuay (HA), Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador (documento no publicado).

Ortiz-Crespo, F. 1984. First twentieth-century specimen of the Violet-throated Metaltail *Metallura baroni*. Bulletin of the British Ornithologists Club 104(3): 95-97

Poulsen, B. O. y N. Krabbe. 1998. Avifaunal diversity of five high-altitude cloud forests on the Andean western slope of Ecuador: testing a rapid assessment method. Journal of Biogeography 25(1): 83-93

Restall, R., Rodner, C., Lentino, M. (2006) Birds of Northern South America Vol. 1: Species Accounts. Christopher Helm.

Ridgely, P. 1980. Notes on some rare or previously unrecorded birds in Ecuador. American birds. 34: 242-248.

Ridgely, R. & P. Greenfield. (2001). The Birds of Ecuador. Status distribution and taxonomy. Cornell University Press.

Robinson, F. 1987. Río Mazán Project. 1986 Report, Department of Plant Sciences, University of Oxford. Oxford, U.K.

Rodas, F. 1998. Aves del bosque de Mazán. tomo II. ETAPA (Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado). Cuenca, Ecuador.

Rodas, F., & B. Tinoco. (2003). Análisis de la avifauna del Parque Nacional Cajas y su aplicación como herramienta de conservación. Informe de Consultoría para el Plan del Manejo del Parque Nacional Cajas. CEMAPRIMES. Cuenca, Ecuador (documento no publicado).

Stattersfield, A. J., Crosby, M. J., Long, A. J. & Wege, D. C. (1998) Endemic Bird Areas of the world: priorities for biodiversity conservation. Cambridge, UK: BirdLife International (Conservation Series 7).

Sierra, R., F. Campos, & J. Chamberlin. 1999. Áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad en el Ecuador Continental. Ministerio del Ambiente, Proyecto INEFAN/ GEF-BIRF, EcoCiencia y Wildlife Conservation Society. Quito, Ecuador.

Tinoco, B., y Astudillo, P. (2005). Guía de campo para la observación de aves del Parque Nacional Cajas. ETAPA – Corporación Parque Nacional Cajas. Cuenca, Ecuador.

Tinoco, B. A. P. X. Astudillo, S. C. Latta, C. H. Graham. 2009. Distribution, ecology and conservation of an endangered Andean hummingbird: the Violet-throated Metallura (*Metallura baroni*). Bird Conservation International. 19: 63-76.

Toral Guerrero, F. 1996. Aves del bosque de Mazán, tomo I. ETAPA (Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado). Cuenca, Ecuador.

Toral, F. (1996). Variación en la composición de las comunidades de aves en diferentes tipos de vegetación en el bosque protector Mazán. Tesis de Biólogo. Universidad del Azuay. Cuenca, Ecuador. 161 pp.

Wege, D., & A. Long. 1995. Key area for threatened birds in tropics. BirdLife International, Cambridge, UK.



## **DIVERSIDAD Y PREFERENCIAS DE HÁBITAT DE ANFIBIOS EN CUATRO MICROCUENCAS DEL PARQUE NACIONAL CAJAS (PNC)**

Juan Carlos Sánchez<sup>1</sup>, Elvis Celi<sup>1</sup>  
Laboratorio de Zoología de la Universidad del Azuay  
Correspondencia: [juan\\_atrox@yahoo.com](mailto:juan_atrox@yahoo.com)

## Resumen

En cuatro microcuencas del Parque Nacional Cajas se evaluó la comunidad de anfibios y su preferencia a los principales hábitats: páramo, humedal, bosque montano y bosque de *Polylepis*, por cada una de las especies registradas. Por medio de monitoreos en transecto de banda estrecha no se encontraron diferencias significativas en la riqueza y abundancia de especies, mientras que en composición de especies existe semejanzas en dos grupos entre las microcuencas Atugyacu-Luspa y Matadero-Llaviucu, demostrando cambios en el ensamble de especies a nivel latitudinal dentro del Parque. Dentro del ensamble de anfibios existen preferencias particulares de hábitat para cada una de las especies.

**Palabras clave:** anfibios, Reserva Biológica San Francisco, distribución, diversidad, rango altitudinal.

## DIVERSITY AND HABITAT PREFERENCES OF THE AMPHIBIANS IN FOUR MICRO BASINS OF EL CAJAS NATIONAL PARK (PNC)

### Abstract

The community of amphibians of four micro basins of *El Cajas* National Park were analyzed as well as their main habitat preferences: moorland, wetland, montane forest, and forests of *Polylepis*, for each one of the registered species. No significant differences in the richness and abundance of species were found through transect monitoring, while regarding the composition of the species there is a similarity in two groups between the micro basins Atugyacu-Luspa and Matadero-Llaviucu. This demonstrates changes in the assemblages of species regarding latitude within the park. As for the amphibians assemblages, there are particular preferences in relation to the habitat for each one of the species.

**Key word:** amphibians, San Francisco Biological Reserve, distribution, diversity, altitude range.

## INTRODUCCIÓN

Un tema central en ecología es el estudio de la variación espacial de la diversidad (Gastón 2000). El conocimiento de los factores ambientales que determinan la distribución actual de las especies permitirá que los programas de conservación de las mismas sean elaborados a partir de sólidas bases científicas.

El tipo de plasticidad ecológica que presentan los anfibios es un aspecto importante en la adaptación de los individuos y determina la estructura de la comunidad y la ocupación de los hábitats andinos (Navas 1999). Además, la riqueza de las especies en diferentes hábitats, depende de factores históricos y mecanismos fisiológicos de tolerancia a las condiciones extremas de los ambientes (Pefaur & Duellman 1980, Duellman 1989, Navas 1996).

Tanto los hábitats como las comunidades de especies suelen variar con el tiempo (Preston 1960, Collins y Glenn 1991, Fjeldsa y Lovett 1997, Innes 1998). Por ello se incorpora la perspectiva temporal, especialmente en los análisis de diversidad (Buckland y col. 2005, Magurran 2007) para poder relacionar los patrones de distribución de las especies con las características del hábitat (modelos de selección de hábitat), ya que gran parte de los cambios temporales que experimenta una comunidad de especies pueden ser atribuidos a cambios temporales en las características ambientales (Houlahan y col. 2007).

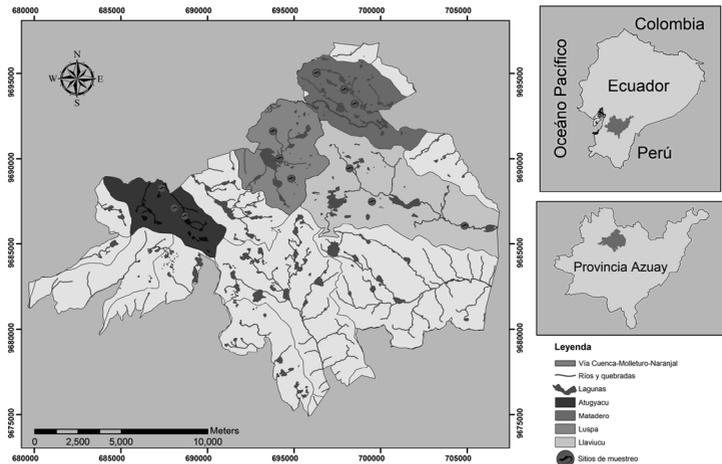
## MATERIALES Y MÉTODOS

El Parque Nacional Cajas (PNC) ubicado al sur occidente de los Andes ecuatorianos en la provincia del Azuay, tiene una altitud que oscila entre los 3150 y los 4445 m s.n.m., cuenta con una extensión de 28.544 ha. Presenta una topografía irregular, con formaciones de características glaciales que con el paso del tiempo formaron valles en forma de “U” (Delgado et al. 2006).

En el parque se pueden distinguir tres tipos de formaciones vegetales: bosque de neblina montano alto, bosque siempre verde montano alto, páramo herbáceo dentro del cual se encuentran más de 1000 fragmentos de bosque del género *Polylepis* de diferente tamaño (<1 ha. – 44 ha.; Baquero et al. 2004, Minga & Verdugo 2007). También con el páramo herbáceo está asociada la subunidad herbazal lacustre (Minga & Verdugo 2007).

El PNC se encuentra dividido en 12 microcuencas, de las cuales se seleccionaron cuatro para realizar el estudio. Las microcuencas escogidas fueron Atugyacu, Matadero, Llaviucu y Luspa. Esta selección se la realizó en base a información de estudios realizados en el Parque, los cuales registraron valores importantes de diversidad. Además, estas cuatro microcuencas representan una muestra de los extremos orientales y occidentales del Parque (Mapa 1).

En cada una de la microcuencas escogidas se seleccionaron los hábitats ecológicamente más relevantes en base a la superficie que ocupan, estos fueron: páramo de pajonal, bosque montano, bosque de *Polylepis* y humedal.



**Mapa 1:** Ubicación de las microcuencas y puntos de muestreo, Parque Nacional Cajías, Azuay, Ecuador.

### ***Trabajo de campo***

Para registrar las especies se utilizó el método de transectos de banda estrecha (Rueda *et al*, en Angulo *et al*. 2006 & Scott, en Heyer *et al* 1994). Este método consiste en marcar transectos por los cuales los investigadores registran las especies vistas y escuchadas dentro de los rangos del transecto marcado. A lo largo y ancho de cada transecto se realizan búsquedas minuciosas entre la vegetación y las rocas para detectar a los individuos.

Los monitoreos se realizaron en periodos diurnos, desde las 7:00 am hasta las 11:00 am y, nocturnos desde las 7:00 pm hasta las 12:00 pm, horas en las que los anfibios muestran

mayor actividad (obs. pers.). De todos los transectos se realizaron cuatro repeticiones bimensuales, que corresponden a muestreos estacionales. Los monitoreos se realizaron entre los meses de marzo y octubre de 2012.

Tomando en cuenta los hábitats seleccionados en cada microcuenca, se dispusieron 3 transectos en cada uno de ellos. De esta manera, en total se marcaron 48 transectos para el monitoreo. Para asegurar la independencia entre los transectos, estos fueron distanciados al menos por 250 m uno del otro. Cada transecto tuvo una longitud de 100 m de largo por 2 m de ancho. Cada transecto se recorrió por dos personas en un periodo estimado entre 45 y 50 minutos.

### ***Análisis de datos.***

La riqueza específica y la abundancia se consideraron como el total de especies e individuos por especie respectivamente, registrados en los monitoreos de los transectos por cada hábitat y microcuenca en las cinco repeticiones. La riqueza y la abundancia fueron comparadas, de manera independiente, entre las cuatro microcuencas, los cuatro hábitats y los cinco periodos estacionales de muestreo. Para esto se utilizó la prueba estadística ANOVA y con el objeto de reconocer las diferencias significativas puntuales en los datos se utilizó la prueba Tukey HDS (Zar 1984).

Con el objetivo de ordenar las microcuencas y la comunidad de anfibios, se desarrolló una matriz de disimilitud usando el índice de Bray & Curtis. Esta matriz de tipo especies por muestras, está integrada por los

transectos en las microcuencas, utilizando el valor total de abundancia por especie registrada en todo el monitoreo por cada transecto. Con esta matriz se generó un análisis clúster del tipo aglomerativo usando Complete Linkage, permitiendo visualizar en un plano la cercanía de las unidades comparadas (Quinn & Keough 2002).

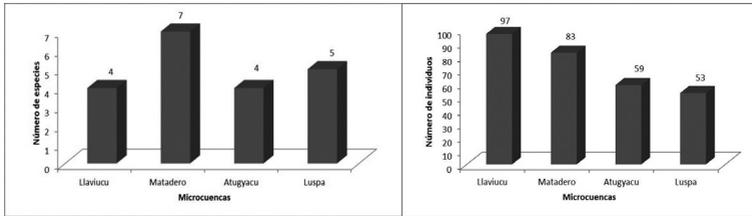
Con el objetivo de establecer las preferencias de hábitat de las especies registradas en las microcuencas, se utilizó el programa HaviStat 2008 v. 1.0; el cual es un programa diseñado para evaluar el uso y preferencia de hábitat. Las especies fueron relacionadas en base a los hábitat utilizando el índice de (Manly, 1993) y los intervalos de confianza de Bonferroni (Cherry, 1996), con un error estándar del 5%.

## RESULTADOS

Se registró un total de 292 individuos relacionados con 10 especies y tres familias (Anexo 1). En la microcuenca Llaviucu, se registró un total de cuatro especies ( $n = 97$ ) pertenecientes a dos familias; en la microcuenca Luspa, se encontró un total de cinco especies ( $n = 53$ ) asociadas a dos familias; en la microcuenca Matadero, se obtuvo un total de siete especies ( $n = 83$ ) relacionadas con tres familias; y en la microcuenca de Atugyacu, se registró un total de cuatro especies ( $n = 59$ ) pertenecientes a dos familias (Figura 1).

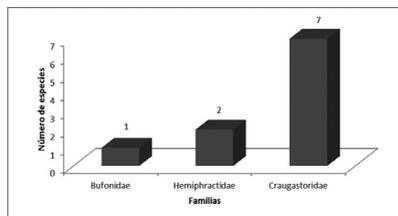
La riqueza específica entre las cuatro microcuencas monitoreadas difiere significativamente entre las microcuencas ( $p = 0,024$ ,  $F = 5,50$ ,  $R^2 = 0,637$ ). A diferencia de los valores de abundancia total que demostraron que

no existe diferencia significativa entre las microcuencas ( $p = 0.636$ ,  $F = 0,594$ ,  $R^2 = 0.182$ ). El análisis posterior de significancia Tukey, demostró que los valores de riqueza de la microcuenca Luspa difieren significativamente de las microcuencas Llaviucu y Atugyacu ( $p = 0,035$ ,  $D = 4,529$ ).



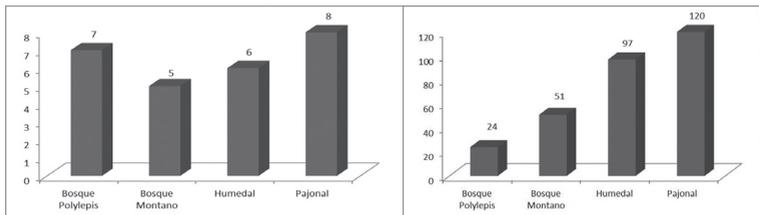
**Figura 1.** Valores de riqueza específica y abundancia total para cada microcuenca evaluada, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

Del total de anfibios registrados en las cuatro microcuencas, la familia *Craugastoridae* presentó el mayor número con 7 especies, seguido de *Hemiphractidae* con 2 especies y *Bufo* con una especie (Figura 2).



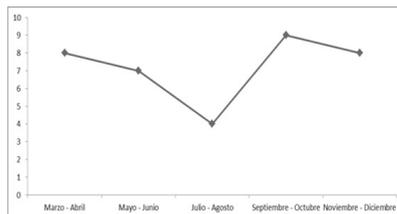
**Figura 2.** Valores de riqueza específica para cada familia de anfibios registrada, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

Los hábitats que presentaron el mayor número de especies fueron el pajonal con ocho especies ( $n = 120$ ), seguido por bosques de *Polylepis* con siete especies ( $n = 24$ ), humedal con seis especies ( $n = 27$ ) y el bosque montano con cinco especies ( $n = 51$ , Figura 3). La riqueza específica entre las cuatro hábitats monitoreados no difieren significativamente ( $p = 0,659$ ,  $F = 0,556$ ,  $R^2 = 0,172$ ), al igual que los valores de abundancia total ( $p = 0,107$ ,  $F = 2,821$ ,  $R^2 = 0.514$ ).



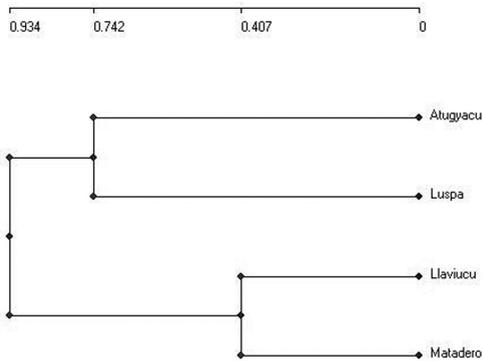
**Figura 3.** Valores de riqueza específica y abundancia total para cada tipo de hábitat evaluado, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

Con respecto al análisis temporal, durante los meses de muestreo no se identificó diferencia significativa en los valores de riqueza específica ( $p = 0,393$ ,  $F = 1,138$ ,  $R^2 = 0.313$ ) así como en la abundancia total ( $p = 0.196$ ,  $F = 1,853$ ,  $R^2 = 0.426$ , Figura 4).



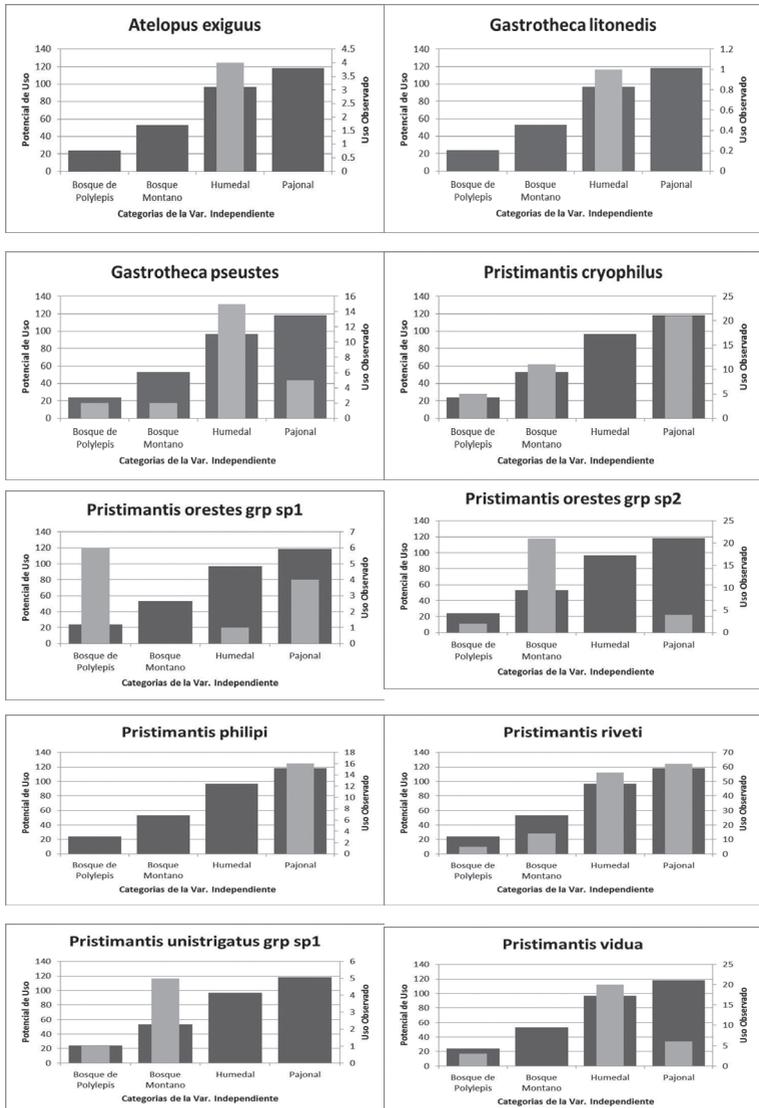
**Figura 4.** Valores de riqueza específica para cada uno de los periodos de muestreo, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

El análisis clúster demostró la tendencia a ordenar las microcuencas en dos grupos en función de la composición y abundancia de las especies, separando a cada grupo en una comunidad particular de anfibios (Figura 5).



**Figura 5.** Análisis clúster de la composición de anfibios registrados en las cuatro microcuencas, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador

La preferencia de hábitat es particular para cada una de las especies, de esta forma obtenemos que, las especies *Atelopusexiguus*, *Gastrothecalitonedis*, *Gastrothecapseustes*, *Pristimantisvidua* prefieren el hábitat de humedal, *Pristimantisorestes* grp sp2 y *Pristimantisunistrigatus* grp sp1 el bosque montano, *Pristimantisphilipi* y *Pristimantisorestes* grp sp1 están ligados al pajonal y humedal respectivamente; mientras que *Pristimantisriveti* prefiere tanto el humedal como el pajonal y *Pristimantiscryophilus* está relacionado a los bosques tanto montanos como de *Polylepis* (Figura 6).



**Figura 6.** Preferencia de hábitat para cada una de las especies; gris oscuro indica el potencial de uso y gris claro el uso observado, Parque Nacional Cajas, Azuay, Ecuador.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se registraron 10 especies de anfibios de 17 especies enlistadas para el Parque, y a nivel de familia, tres de las siete familias registradas por Arbeláez y Toral(2008); sin embargo algunas de las especies del Parque no han sido registradas en varios años y otras se han encontrado puntualmente en otras localidades que no se incluyen en los sitios estudiados (Arbeláez y Toral, 2008). Por otro lado tres de las especies de *Pristimantis* registradas en este estudio, se encuentran consideradas como especies diferentes a las conocidas y entre sí, en base a características morfológicas, lo que posiblemente aumente el total de especies registradas para el PNC, cuando se realicen los estudios taxonómicos correspondientes.

De las 10 especies registradas en las cuatro microcuencas del PNC, 5 (50% del total) muestran un tipo de asociación específica para cada una de las formaciones naturales (Duellman, 1979; Lynch, 1999). Características tanto fisiológicas como etológicas, influyen significativamente en la distribución de anfibios, hecho proporcionado por la heterogeneidad espacial, donde las especies responden en mayor grado a la estructura del hábitat; de igual forma para algunas especies simpátricas de una comunidad es importante cierto tipo de fisonomía vegetal y éste a su vez está correlacionado con el cuerpo y el tamaño del organismo, incluso el espacio del hábitat puede ser usado por otras especies con diferentes horas de actividad (Salomón *et al.* 2009).

El número de capturas de anfibios tanto en riqueza como abundancia, fue bajo en las cuatro microcuencas y refleja

una pequeña parte de la diversidad presente en el Parque, esto debido a la poca uniformidad de su composición en los hábitat. Al comparar la riqueza de especies a lo largo de los periodos de muestreo se observó que existe una diferencia (aunque estadísticamente no significativa) entre los periodos de muestreo, lo que permite pensar que la estacionalidad es buen indicador para determinar la abundancia de las especies dentro de los hábitat, donde se observó una alta dependencia de los anfibios y mayor actividad de los mismos en los periodos invernales (Angulo *et. al.* 2006 & Heyer *et. al.* 1994).

Las especies de anfibios se distribuyen en los diferentes hábitat y tal situación responde a las condiciones que estos brindan y la fisiología de las ranas (Nabas 1996); si bien las especies no se distribuyen homogéneamente en las microcuencas del PNC, los hábitat determinan la presencia de especies particulares para cada uno de ellos, donde además se evidencia un reemplazo latitudinal de especies (Lynch and Duellman, 1979).

## LITERATURA CITADA

Angulo A., J.V. Rueda-Almonacid, J.V. Rodríguez-Mahecha & E. La Marca (Eds). 2006. Técnicas de inventario y monitoreo para los anfibios de la región tropical andina. Conservación Internacional. Serie Manuales de Campo No 2. Panamericana Formas e Impresos S.A., Bogotá D.C. 298 pp.

Bennett, D. 1999. Expedition Field Techniques: Reptiles and Amphibians. Royal Geographical Society. London. 94 pp.

Duellman, W.E. 1979. The Herpetofauna of the Andes: Patterns of Distribution, Origin, Differentiation, and Present Communities. Pp. 371-459. En: The South American Herpetofauna: its origin, evolution, and dispersal. Monogr. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas. 7:1-485.

Frolich, L.M., Schultz, N., Almeida, D., & Nogales, F. 2003. Las Ranas de Los Andes Norte de Ecuador: Cordillera Oriental. Quito-Ecuador: Ediciones AbyaYala.

Galindo-Leal, C. Diseño y análisis de proyectos para el manejo y monitoreo de la diversidad biológica.  
<http://www.stanford.edu/group/CCB>.

Heyer, W.R., M.A. Donnelly, R.W. McDiarmid., L.C. Hayek., & M.S. Foster. 1994. Traducción Lavilla, E.O. 2001. Medición y Monitoreo de la Diversidad Biológica: Métodos Estandarizados para Anfibios. Smithsonian Institution Press.Washington y Londres. 349 pp.

Lynch, J.D. 1999. Ranas pequeñas, la geometría de evolución, y la especiación en los Andes Colombianos. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23 (86): 143-159

Lips, K.R., J.K. Reaser. 1999. El Monitoreo de Anfibios en América Latina. Un Manual para Coordinar Esfuerzos. The Nature Conservancy. 44 pp.

Manzanilla, J., J.E. Péfaur. 2000. Consideraciones Sobre Métodos y Técnicas de Campo Para el Estudio de Anfibios y Reptiles. Maracay y Mérida. Venezuela. 30 pp.

Navas, C. 1996. Diversidad de Anfibios y Reptiles en el Páramo: Una Visión Ecofisiológica. Revista Académica Colombiana de Ciencias. Vol 23. Colombia. 10 pp.

Salomón, R. J., P. Meza-Ramos., M. Yáñez-Muñoz & J. Reyes. 2009. Asociaciones Interespecíficas de Anuros en Cuatro Gradientes Altitudinales de la reserva Biológica Tapichalaca, Zamora-Chinchipec, Ecuador. Boletín técnico N° 8. Serie Zoológica 4-5: 35-49. Sangolquí. Ecuador. 15 pp.

Sánchez, Ó. 1999. Conservación y Manejo de Anfibios y Reptiles: Métodos y Técnicas. Toluca. México. 32 pp.

Wells, K.D. 2007. The Ecology and Behavior of Amphibians. The University of Chicago Press. Chicago and London. 1148 pp.





## **EL HERBARIO AZUAY: UN CENTRO DE INFORMACIÓN REGIONAL SOBRE DIVERSIDAD VEGETAL**

*Ansaloni Raffaella, Minga Danilo, Verdugo Adolfo*  
Correspondencia: [ransaloni@uazuay.edu.ec](mailto:ransaloni@uazuay.edu.ec)

## Resumen

Los herbarios son lugares en los cuales se conservan colecciones de plantas secas, ordenadas botánicamente y con la información científica respectiva completa. El Herbario Azuay se fundó en 1998, con el objetivo de convertirse en un centro de información regional sobre diversidad vegetal. Desde el año 2003 el Herbario está inscrito al *Index Herbariorum* y en 2009 puso a disposición del público un herbario virtual con la información contenida en sus instalaciones y su base de datos. En el HA existen aproximadamente 10200 colecciones y más de 8200 registros en la base de datos, correspondientes a 2402 especies, 1001 géneros y 248 familias. Se conservan 173 especies de plantas endémicas y un isotipo. La información que conserva el Herbario Azuay está disponible de manera libre en su página web.

**Palabras clave:** Herbario Azuay, *Indexherbariorum*, diversidad vegetal, endémica, herbario virtual, especies vegetales.

## THE HERBARIUM OF AZUAY: A REGIONAL INFORMATION CENTER OF VEGETAL DIVERSITY

### Abstract

Herbariums are places where collections of dried plants are conserved, botanically ordained, and where complete scientific information is kept. The Herbarium of Azuay was founded in 1998 with the objective of becoming a regional information center of vegetal diversity. Since 2003 the Herbarium is registered in the *Index Herbariorum* and in 2009 it offered the public a virtual herbarium with the information contained in their facilities and data base. In the HA there are approximately 10200 collections and more than 8200 registers in the data base, which correspond to 2402 species, 1001 genres and 248 families. It conserves 173 species of endemic plants and one isotype. The information that the Herbarium of Azuay keeps is available for free in its web page.

**Keywords:** Herbarium of Azuay, *Indexherbariorum*, vegetal diversity, endemic, virtual herbarium, vegetal species.

## Introducción

La palabra “herbario” proviene del latín y fue introducida por Carlos Linneo, para definir una colección de plantas secas, o parte de ellas, ordenadas bajo un sistema de clasificación botánica.

Los especímenes de herbario son fundamentales para entender los patrones de variación natural de las plantas porque permiten documentar su morfología, distribución geográfica y características ecológicas. Los especímenes botánicos sirven también para comprobar la presencia de una especie en una localidad o región y garantizan su identidad correcta. Las etiquetas pueden contener información sobre nombres vernáculos, usos tradicionales, propiedades medicinales, localidades donde se usa la planta y otros aspectos etnobotánicos.

Sobre el material vegetal depositado en los herbarios se fundamenta entonces una parte importante de la investigación botánica, sobre todo la taxonómica, aunque también es útil para estudios florísticos, biogeográficos y moleculares. El material del herbario es el testimonio de las citas de plantas, de las descripciones de las mismas y de los materiales utilizados para proponer nuevos taxones.

El término herbario se usa también para definir el espacio físico que alberga las colecciones y todo lo que es destinado a su conservación.

## Historia de los herbarios

Las primeras colecciones de plantas secas se obtenían casi con el mismo procedimiento actual. El primer herbario conocido es del siglo XVI y fue hecho por Luca Ghini, profesor de botánica de la Universidad de Bolonia, para poder enviar muestras de plantas. Famoso es también el herbario elaborado por Carlos Linneo en el siglo XVIII. Los herbarios de París y Londres conservan todavía colecciones muy antiguas, además un enorme número de plantas, así como los herbarios de Missouri y New York o de Estocolmo y San Petersburgo.

En la actualidad los herbarios están en un listado digital, llamado ***Index Herbariorum***, que se encuentra en la página web del New York Botanical Garden, con la autorización de la Asociación Internacional de Taxonomía Vegetal (IAPT). A cada herbario se le asigna una sigla de identificación universal, es así que el Herbario Azuay tiene la sigla HA, el herbario de la PUCE se identifica con QCA, el herbario de New York con NY, el herbario de Missouri es MO, el instituto botánico de San Petersburgo es LE, etc. (Izco, 2004)

## Historia de los herbarios del Ecuador

El Ecuador es uno de los países con mayor abundancia de especies vegetales, habiéndose contabilizado actualmente alrededor de 18000 especies de plantas vasculares. Los recursos vegetales, cultivados y no, fueron el sustento de la economía local por tres siglos, como lo demuestra la historia de la *Cinchona*, la cascarilla o quina. Sin embargo el primer herbario de Quito tiene apenas 150 años; en 1946 se fundó el herbario de Loja y sólo desde los años

'70 los otros herbarios. (The New York Botanical Garden, 2012) (Neill & Ulloa, 2011)

## Historia del Herbario Azuay

El Herbario de la Universidad del Azuay tiene sus orígenes en 1991, cuando se estableció para apoyar algunas actividades docentes en la Escuela de Biología de la Universidad del Azuay. Por el desarrollo de investigaciones sobre la flora regional y el consiguiente incremento de colecciones botánicas se ordenaron y sistematizaron los especímenes de acuerdo a los requerimientos internacionales y en 1998 se funda el Herbario Azuay con el auspicio y el respaldo institucional de la Universidad del Azuay y la Fundación para la Ciencia y la Tecnología (FUNDACYT). Desde el año 2003 el Herbario está inscrito al *Index Herbariorum*.

El Herbario Azuay, hace casi cuatro años, puso a disposición del público en un herbario virtual la información contenida en la base de datos. Este importante avance fue posible gracias a la colaboración de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y de dos de sus alumnos.

Los virtuales nacieron como una herramienta de consulta gratuita a disposición de botánicos y público en general. (Missouri Botanical Garden, 2012)

Los principales objetivos que se propone el Herbario Azuay son:

- Mantener una colección y un registro de la flora regional
- Recopilar y sistematizar información sobre diversidad vegetal

- Generar información aplicada a la gestión de áreas naturales y a la conservación de la biodiversidad regional
- Promover la investigación y la enseñanza de la botánica

## Metodología

Las plantas son colectadas cortando una parte de ellas o su totalidad, prefiriendo especímenes fértiles, con esporas, flores o frutos, según el tipo de planta. Conjuntamente a la colección, el botánico debe tomar todos los datos de campo, necesarios para elaborar la etiqueta. Las colecciones de campo se prensan y se secan lo más rápidamente posible. Las plantas se estiran y acomodan sobre la hoja de periódico en que se van a prensar, procurando que sus órganos tengan una disposición semejante a la que tenían en vivo, y que cada una de las partes (hojas, flores, etc.) sean visibles. Una vez que las plantas están prensadas y secas se procede a guardarlas en el herbario, previo montaje, que se refiere al pegado de la muestra sobre la cartulina de formato estándar. Cada ejemplar debe llevar una etiqueta en la que consten los siguientes datos: familia botánica, nombre de la especie, colector, número de colección, fecha y lugar, completo de coordenadas y altura, datos sobre las preferencias ecológicas del espécimen, sus características, nombre del responsable de la identificación de la especie y fecha de determinación. Adicionalmente, la etiqueta puede contener información sobre usos de la planta, tipo de formación vegetal en la que se encuentra, nombres comunes de la planta, etc.

El procedimiento que emplea el Herbario Azuay no difiere sustancialmente de lo que se hace en los otros herbarios, pero la generación de etiqueta se hace en función de lo que se registra en la base de datos, que contiene los datos mencionados arriba y otros más, que no constan en la etiqueta. La base de datos generada lleva información sobre la planta, que automáticamente está disponible para el público.

A los ejemplares se les otorga un número de ingreso en la colección y todos los pliegos de una misma especie se ponen en una misma cartulina manila. A su vez, las especies de un mismo género se almacenan juntas, y los géneros de una misma familia en una partición del armario metálico que permite almacenarlas en gran cantidad, en un mínimo espacio y a humedad constante. Este es un sistema de ordenamiento de las muestras por criterio taxonómico.



**Figura N. 1: Armarios del Herbario Azuay, de puertas tradicionales**



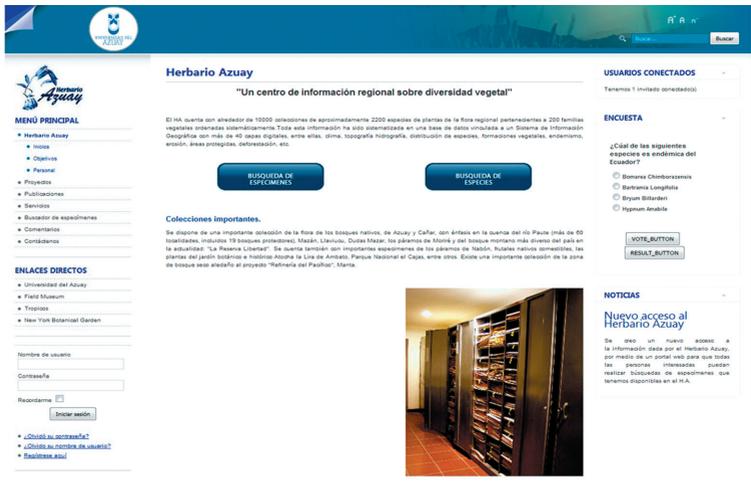
***Figura N. 2: Armarios con cierre mediante rieles, ocupan menos espacio y son herméticos***

## **Resultados y discusión**

### **Colecciones**

Las colecciones presentes en el Herbario Azuay suman aproximadamente 10200, sin embargo, se han ingresado a la base de datos 8209 registros, cuya información es visible en la página web:

<http://www.uazuay.edu.ec/HerbarioAzuay>



**Figura N. 3: Página de ingreso al Herbario Virtual**

En el siguiente cuadro se reporta en número de colecciones del Herbario Azuay comparado con otros herbarios nacionales.

HERBARIO	Ciudad	Número colecciones
QCNE Herbario Nacional del Ecuador	Quito	250.000
QCA Herbario, Universidad Católica	Quito	270.000
GUAY Herbario, Universidad de Guayaquil	Guayaquil	15.000
LOJA Herbario, Universidad Nacional de Loja	Loja	40.000
QAP Herbario Alfredo Paredes, Quito	Quito	77.000
CDS Herbario, Estación Charles Darwin	Galápagos	12.000
CHEP Herbario, Escuela Politécnica del Chimborazo	Riobamba	6.000
HA Herbario Azuay, Universidad del Azuay	Cuenca	10.200

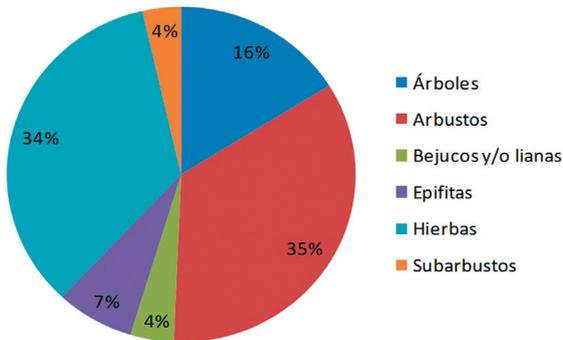
**Figura N. 4: Principales herbarios del Ecuador**

Respecto a la biodiversidad, existen:

- 2402 especies ingresadas,
- 1001 géneros
- 248 familias

En cuanto a los grupos taxonómicos presentes, hay 31 especies de briofitas, 84 de pteridofitas, 21 de Gimnospermas, 481 monocotiledóneas y 1785 dicotiledóneas.

Según su hábito, la prevalencia es de arbustos, seguidos por hierbas y árboles.

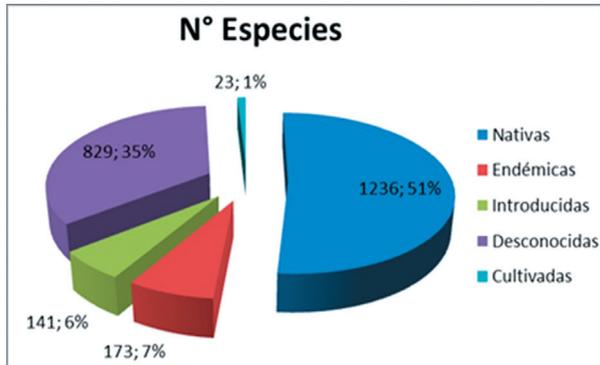


**Figura N. 5: Hábito de las plantas presentes en el HA**

Por el hábito y los grupos taxonómicos presentes, se evidencia un marcado sesgo en las colecciones, que han privilegiado las plantas dicotiledóneas leñosas y herbáceas con respecto a epifitas, monocotiledóneas y helechos.

Según su origen constan 1236 nativas y 173 endémicas, 141 introducidas, 23 cultivadas y 829 que no fue establecido su origen. La gran cantidad de especies endémicas, buena parte de las cuales con diferentes grados de amenaza a

su supervivencia, hace del Herbario Azuay un depósito de información y de especímenes exclusivos de nuestra región y, a veces, de ambientes específicos, como por ejemplo el Parque Nacional Cajas.



**Figura N. 6: Origen de las especies**

### Lugares de colección

Las colecciones presentes en el herbario se han alimentado de diferentes formas:

1. A través de proyectos de investigación, por ejemplo el proyecto DIFORPA, permitió establecer un gran número de colecciones en toda la cuenca del río Paute, y sobre todo de sus remanentes boscosos. Otros proyectos financiados por ETAPA, PROMSA, INIAP, Universidad de Cuenca, entre otros, permitieron realizar colecciones de importancia. Actualmente, el convenio vigente con ETAPA y el Parque Nacional Cajas permitirá ampliar y mejorar el conocimiento de flora de esta área protegida. En el HA existen aproximadamente 300 especies y

- 1200 colecciones realizadas en el Parque Nacional Cajas.
2. A través de consultorías, que han permitido tener colecciones muy amplias de las parroquias rurales de Cuenca, el bosque de Tambillo y los páramos del Moriré, los Jardines históricos de Atocha-La Lira de Ambato, la Refinería del Pacífico y su área de influencia, toda la cuenca del río Yanuncay, entre otros.
  3. La colaboración con botánicos de prestigio, como Carmen Ulloa, Peter Jorgensen, Carlos Aedo, Jesús Izco, algunos de los cuales han dejado duplicados de sus colecciones en el herbario. Más de 1500 colecciones de la cordillera del Cóndor, fueron donadas por David Neill, para que sean conservadas en el Herbario Azuay.

Debido a estos factores que han influido en la colección, la distribución espacial de las muestras no es uniforme, encontrándose la mayor parte de la muestra en la provincia de Azuay, seguido por Morona Santiago, Zamora Chinchipe, Cañar, Loja, Manabí y Tungurahua. (Jorgensen & Leon Yanez, 1999) (Leon Yanez, Navarrete, Valencia, Pitman, Endara, & Ulloa, 2012)

## **Herbario digital o virtual**

Las consultas pueden realizarse incluso sin conocer la dirección URL del herbario, insertando la palabra “herbario” en el buscador, por ejemplo google. Una vez en la página, se pueden realizar búsquedas por familia, género, especie, lugar de colección e incluso por nombre común.

Se reporta a continuación un ejemplo de búsqueda por género, en el cual se selecciona una colección de una de las especies, y se visualiza la información de la planta y su lugar de colección. En este caso, se ha buscado “*Polylepis*”, en el campo género. De la página de resultados se ha seleccionado el registro N. 655, *Polylepis reticulata*, de esta manera aparece un cuadro de resultados, con la imagen de la muestra y a lado sus datos de colección. Seleccionando “localización geográfica” se obtiene la ubicación del punto de colección del espécimen en google maps.



**Figura N. 7: Ejemplo de búsqueda por género**



**MENÚ PRINCIPAL**

- Herbario Azuay
- Proyectos
- Publicaciones
- Servicios
- Buscador de especímenes
- Comentarios
- Contactenos

**ENLACES DIRECTOS**

- Universidad del Azuay
- Field Museum
- Tropicos
- New York Botanical Garden

Nombre de usuario:

Contraseña:

Recordarme

- ¿Olvidó su contraseña?
- ¿Olvidó su nombre de usuario?
- Resúmenes azuay

### Buscador de especímenes

Nueva búsqueda

Haga clic en la imagen para ampliar.

Especímenes disponibles por género que empieza con **Polylepis**

40 Registros encontrados: 

Página 14 

Muestra	Grupo	Familia	Género	Especie	Subespecie	Nombre Común
314  Imagen no disponible <a href="#">Ver detalles</a>	Dicotyledonae	ROSACEAE	Polylepis	reticulata Hieron.		
655  <a href="#">Ver detalles</a>	Dicotyledonae	ROSACEAE	Polylepis	reticulata Hieron.		Quimia
710  Imagen no disponible <a href="#">Ver detalles</a>	Dicotyledonae	ROSACEAE	Polylepis	sericea Woodf.		
1087  Imagen no disponible <a href="#">Ver detalles</a>	Dicotyledonae	ROSACEAE	Polylepis	incana Kunth		
1952  Imagen no disponible	Dicotyledonae	ROSACEAE	Polylepis	reticulata Hieron.		

**Figura N. 8: Selección de un espécimen de Polylepis**



**Buscador de especímenes**

<< Regresar a resultados

Haga clic en la imagen para ampliar.



**FLORA DEL ECUADOR**  
Azuay

Grupo botánico: Dicotyledonae  
 Familia: ROSACEAE  
 Taxón: Polylepis reticulata Hieron.  
 Nombre Común: "Quimia"  
 Determinador: K. Romeroux  
 Fecha de determinación: 2007-04-07  
 Colector: D. Uexga  
 Fecha de colección: 1997-05-20  
 Número de colección: 125  
 Latitud: 2° 51' 43" S  
 Longitud: 79° 9' 51" W  
 Altitud: 3400 msnm

Usos:  
 Observaciones: Arbol de 7 m de altura, tronco irregular, corteza escamosa color rojo que se desprende fácilmente, hojas compuestas imparipinnadas, folíolos ovales, ápice bifido, inflorescencias en racimos hapodermoides, cáliz diaspálo persistente.

**HERBARIO AZUAY**

[Localización geográfica](#) 

Nombre de usuario:

Contraseña:

Recordarme

- ¿Olvidó su contraseña?
- ¿Olvidó su nombre de usuario?
- Resúmenes azuay

**Figura N. 9: Datos visualizados del espécimen**



**Figura N. 10: Lugar de colección visualizado en google maps**

## Conclusiones

El Herbario Azuay es el fruto del trabajo colectivo de sus colaboradores así como del esfuerzo institucional de la Universidad del Azuay. Pese al tamaño pequeño que ocupa tiene un peso relevante para el conocimiento de la diversidad vegetal de la región. Además, la completa colección bibliográfica presente en sus instalaciones, lo convierten en un centro de consulta y documentación único en la ciudad de Cuenca. Los libros publicados en colaboración con ETAPA sobre “Árboles y Arbustos de Mazán” y las “100 Plantas del Cajas”, entre otros, han contribuido sustancialmente a la divulgación de los conocimientos botánicos.

Dos son los aportes más significativos que el Herbario Azuay da a la comunidad: por un lado las colecciones de plantas endémicas, propias y exclusivas de la región; por otro lado la información del herbario virtual, con acceso gratuito y universal, que busca acercar las plantas a la ciudadanía.

El trabajo presente y futuro está dirigido a incrementar las colecciones presentes en el Herbario Azuay, mejorar el acceso al herbario digital y difundir el conocimiento de las plantas, a través de nuevas publicaciones tanto científicas como divulgativas, sobre la flora de la región, provincia y ciudad.

## Bibliografía

Izco, J. (2004). *Botánica*. Madrid: McGraw-Hill - Interamericana de España.

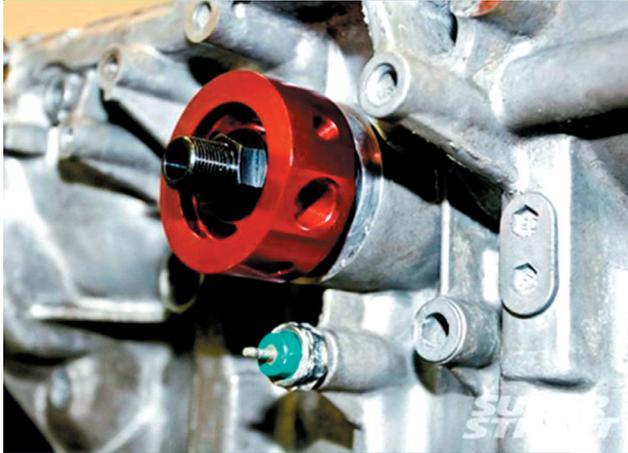
Jorgensen, P., & Leon Yanez, S. (1999). *Catalogue of the vascular plants of Ecuador*. Sant Luis: Missouri Botanical Garden.

Leon Yanez, S., Navarrete, H., Valencia, R., Pitman, N., Endara, L., & Ulloa, C. (2012). *Libro Rojo de las plantas endémicas del Ecuador*. Quito: Herbario QCA, PUCE.

Missouri Botanical Garden. (2012). *Tropicos*. Recuperado el 1 de marzo de 2012, de <http://www.tropicos.org/Home.aspx>

Neill, D., & Ulloa, C. (2011). *Adiciones Fl. Ecuador: Segundo Supl., 2005-2010*. Sant Luis: Missouri Botanical Garden.

The New York Botanical Garden. (2012). *Index Herbariorum. Part one: the herbaria of the world*. Recuperado el 1 de marzo de 2013, de <http://sweetgum.nybg.org/ih/>



## **RECICLAJE DEL ALUMINIO PARA LA FABRICACIÓN DE REPUESTOS PARA AUTOMOTORES MEDIANTE COLADO EN MOLDES DE YESO**

Hernán Viteri<sup>1</sup>, Roberto Sacoto y David López

*<sup>1</sup>Profesor principal, MSc en Métodos Numéricos para  
Diseño en Ingeniería, Universidad del Azuay.*

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

## Resumen

El presente trabajo de investigación surge de la necesidad de fabricar accesorios y piezas mecánicas que pueden ser utilizadas en la industria automotriz, en aleación de aluminio a través del proceso de colado en molde de arena o de yeso, a partir de una clasificación adecuada del material reciclado, lo que permitirá obtener un producto de buena calidad. Se inicia con la designación y aplicación de las aleaciones de aluminio forjado y colado, se selecciona los hornos de fundición y de tratamiento térmico, posteriormente se analiza el reciclado de partes y piezas fabricadas en aleaciones de aluminio del parque automotor existente en nuestro medio; para el diseño térmico de los hornos se determina la energía requerida para la fundición del metal, considerando las pérdidas y escape de energía térmica, y así, construir los equipos; finalmente se analiza la microestructura de las piezas fabricadas mediante el proceso de colado en moldes de yeso o de arena a fin de determinar las características y propiedades mecánicas obtenidas en el producto final.

**Palabras clave:** Hornos de fundición para aleaciones de aluminio, cálculo térmico para el diseño de hornos, reciclado del aluminio, microestructura de aleaciones de aluminio.

# Recycling of aluminum for the fabrication of automobile parts through plaster moulds

## Abstract

The present research project emerges from the need to fabricate mechanical accessories and parts that may be employed in the automobile industry with aluminum alloy through a process of plaster or sand casting, and through adequate classification of recycled material, which will allow us to obtain a good quality product. We began with the designation and the application of aluminum alloy, wrought and casting. We selected the melting and heat-treatment furnaces. Then we analyzed the recycling process of parts fabricated in aluminum alloy from the existing auto parks in our area. For the thermal design power we determined the amount of energy required for smelting the metal and we considered loss and escape of thermal energy in order to build the equipment. Finally, we analyze the microstructure of the fabricated pieces through the process of plaster or sand casting in order to determine the characteristics and mechanical properties of the final product.

**Keywords:** melting furnaces for aluminum alloys, thermal calculation for oven design, aluminum recycling, microstructure of aluminum alloys.

## 1. INTRODUCCIÓN

La industria automotriz investiga diversos materiales que contribuyan a la reducción del peso de los automóviles, con el propósito de mejorar el desempeño y disminuir el consumo de combustible sin afectar la seguridad de los ocupantes. Las aleaciones de aluminio han reemplazado a algunos componentes internos del motor, que se fabricaban de acero y de fundiciones de hierro, debido a que presentan buenas propiedades mecánicas a elevadas temperaturas [1].

## 2. DESIGNACIÓN DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO

Las designaciones del aluminio y sus aleaciones se basan en su calidad de productos forjados o productos fundidos (moldeados) y están a cargo de la Aluminum Association (AA) y se estipulan en la norma H35.1 de la ANSI (American National Standards Institute).

Las aleaciones de aluminio forjado se clasifican en dos tipos básicos: aleaciones no termotratables y aleaciones termotratables. Las primeras incluyen las diversas calidades de aluminio puro y todas las demás aleaciones cuya resistencia obedece al endurecimiento por disolución de sólidos y al trabajo en frío o endurecimiento por deformación derivado del temple del recocido; estos materiales incluyen las aleaciones 1XXX, 3XXX, 4XXX y 5XXX, aunque unas pocas pertenecen a las series 7XXX y 8XXX. Las aleaciones termotratables son las que

contienen uno o más elementos de cobre, magnesio, silicio y zinc, que tienen la cualidad de incrementar su solubilidad en aluminio a medida que la temperatura aumenta; estos materiales incluyen las aleaciones 2XXX, 6XXX y 7XXX, aunque algunas de ellas pertenecen a las series 4XXX y 5XXX.

Las aleaciones de aluminio para moldeo se basan en los mismos sistemas de aleación que las empleadas para piezas forjadas, la diferencia entre las dos aleaciones radica en su elemento de aleación principal. Las aleaciones forjadas contienen manganeso, en tanto que las aleaciones fundidas tienen silicio, el cual forma una eutéctica con el aluminio que proporciona una fluidez y la moldeabilidad de estas aleaciones. El contenido de silicio desde el 4% hasta la composición eutéctica de cerca del 12% reduce las pérdidas por desperdicio, permite la producción de formas mucho más intrincadas como una variación más amplia en cuanto a espesor de sección, y se produce piezas fundidas de mayor calidad superficial e interna.

Los tratamientos apropiados se indican mediante los códigos de letras siguientes:

- F*, fabricado tal cual.
- O*, recocido.
- H*, endurecido por deformación (solo para productos forjados).
- W*, térmicamente tratado por disolución, indica una condición inestable aplicable sólo a las aleaciones cuya resistencia cambia en forma natural a temperatura ambiente a lo largo de un período de meses o incluso años después del tratamiento por disolución.
- T*, térmicamente tratado por disolución, se asigna a las

aleaciones cuya resistencia mecánica es estable en el término de unas pocas semanas después del tratamiento por disolución.

*Aleaciones 3XX.* Son las que más se utilizan para piezas fundidas de aluminio debido a que contienen silicio con cobre o magnesio, tienen buena moldeabilidad y al mismo tiempo son endurecibles por tratamiento térmico.

*Aleaciones de Si-Cu.* El silicio proporciona excelentes características de moldeo, en tanto que el cobre imparte una resistencia moderadamente grande y mejor labrabilidad, aunque a expensas de una reducción de la ductilidad y de la resistencia a la corrosión. Las aleaciones 319 (6%Si-3.5%Cu) y 380 (8.5%Si-3.5%Cu) son los materiales de uso general para piezas fundidas de aluminio.

*Aleaciones de Si-Mg.* Estas aleaciones se endurecen por efecto del siliciuro de magnesio,  $Mg_2Si$ , del mismo modo que las aleaciones forjadas 6XXX. La que tiene más aceptación entre éstas es la 356 (7%Si-0.3%Mg) y la A356 de mayor pureza.

*Aleaciones de Si-Mg-Cu.* La combinación de magnesio y cobre ofrece un aumento de resistencia mayor durante el tratamiento térmico que el cobre o el magnesio solos. Sin embargo, la mayor resistencia se consigue con cierto sacrificio de la ductilidad y la resistencia a la corrosión. De este grupo son aleaciones representativas para moldes de arena y permanente la 355 (5%Si-1.3%Cu-0.5%Mg). Los pistones para motor de combustión interna se fabrican de aluminio 332 (9.5%Si-3%Cu-1%Mg) fundido en molde permanente. La aleación 336, con más silicio y con adición de níquel (12%Si-2.5%Ni-1%Cu-1%Mg) se utiliza

en motores diesel y en otros de mayor rendimiento. Los pistones se utilizan normalmente con el temple T5 o una variante de éste, como el T55a, a fin de aumentar dureza, mejorar la labrabilidad e impartir estabilidad al crecimiento.

*Aleaciones eutécticas e hipoeutécticas.* Las aleaciones 413, 443 y 444 son las aleaciones binarias de aluminio importantes. La aleación 443 (5.3%Si, aleación hipoeutéctica) puede utilizarse en todos los procesos de moldeo de piezas que requieren buena ductilidad, resistencia a la corrosión y estanqueidad a la presión; las aleaciones 413 y A413 (12%Si, aleación eutéctica) para fundición en matriz también presenta buena resistencia a la corrosión. La aleación A444 (7%Si-0.2%Fe) tiene buena resistencia a la corrosión y especialmente gran ductilidad cuando se vacía en molde permanente y se trata térmicamente a la condición T4.[2]

### **3. TRATAMIENTO TÉRMICO DE LAS ALEACIONES DE ALUMINIO**

Las aleaciones tratables térmicamente deben sufrir un doble tratamiento térmico: uno a temperatura elevada para disolver los componentes de la aleación que más adelante han de ser los responsables del endurecimiento, y el otro a una temperatura baja para permitirles producir el endurecimiento por precipitación de la aleación. La segunda acción puede tener lugar espontáneamente a la temperatura ambiente en algunas aleaciones, proceso conocido como “*envejecimiento natural*”, pero en otras aleaciones tiene que efectuarse a una temperatura un tanto elevada, proceso que lleva el nombre de “*envejecimiento artificial*”. En las tablas 1.a y 1.b se indica el tratamiento

correcto para las diversas aleaciones. El tratamiento de la solución se hace generalmente en un baño de nitrato o dentro de un horno con circulación forzada de aire. La temperatura debe ser regulada con gran precisión. En las aleaciones que se envejecen espontáneamente a la temperatura ambiente, el endurecimiento empieza inmediatamente después del enfriamiento por inmersión y queda prácticamente completo en cuatro días. [3].

<b>Tratamiento térmico de la solución</b>		
<b>Aleación</b>	<b>Temp. °C</b>	<b>Designación del temple</b>
2014	496-507	T4
2017	496-507	T4
2024	488-500	T4
6053	516-527	T4
6061	524-535	T4
7075	460-471	W

**Tabla 1.a** Condiciones para el tratamiento térmico de aleaciones de aluminio [3]

<b>Tratamiento térmico de precipitación</b>			
<b>Aleación</b>	<b>Temp. °C</b>	<b>Tiempo de envejecido</b>	<b>Designación</b>
2014	157-163	18 h	T6
2017	Ambiente	4 días	
2024	Ambiente	4 días	
6053	157-163	18 h	T6
6061	157-163	18 h	T6
7075	102-113	6-8 h	T6

**Tabla 1.b** Condiciones para el tratamiento térmico de aleaciones de aluminio [3]

#### **4. RECICLADO DEL ALUMINIO Y SUS ALEACIONES**

Existen diversos tipos de aleaciones de aluminio que se comercializan en el mercado. De la recuperación, en general, se pueden agrupar básicamente en cuatro: los productos laminados (planchas de construcción, planchas de imprentas, papel de aluminio, partes de carrocerías de vehículos), los productos obtenidos a través de la extrusión (perfiles para ventanas, piezas para vehículos), las piezas moldeadas ya sea por gravedad o por inyección (piezas

para motores, manubrios de las puertas) y el proceso de trefilado que se utiliza para la fabricación de cables. El reciclado del aluminio es un proceso que empieza en la recuperación del material hasta sus aplicaciones en los diferentes sectores de consumo del aluminio y sus aleaciones. El aluminio de cables eléctricos es un aluminio muy puro por lo que su aplicación en el reciclado es bastante amplia, utilizándose para la fabricación de aleaciones de alta pureza o combinado con otros materiales apropiados se obtienen aleaciones de aluminio con modificaciones en las propiedades mecánicas con relación al aluminio puro. Dada la versatilidad de utilización de estos materiales de alta pureza, su precio es el más alto del mercado de la recuperación. El aluminio “cárter” procedente de los aros de los automóviles, culatas, bloques o cárteres de motor, piezas de fundición, etc., se destinan a la fabricación de lingotes para posteriormente ser nuevamente fundidos para la producción de piezas útiles, siendo el porcentaje más alto de los lingotes que se producen por las plantas de segunda fusión.

El recuperador de los desechos de aluminio y sus aleaciones colabora en forma decisiva para reutilizar este material que puede ser reciclado prácticamente en un 100%.

Existen dos tipos de recuperadores: los minoristas y los mayoristas. Los primeros recorren los diferentes sectores de la ciudad con el propósito de adquirir la chatarra para comercializarla generalmente a los mayoristas; el recuperador mayorista puede tener diferentes tipos de proveedores, desde la industria en general, fábricas, pequeños talleres y los minoristas; posteriormente se encargan de clasificar el material con el propósito de

mejorar la calidad y de esta manera tratar de cumplir con las normas nacionales e internacionales que existen en el sector, una buena clasificación del aluminio y sus aleaciones permitirá comercializarlo a un mayor costo económico; luego se prensa el material, por cuanto, el transporte resulta mucho más fácil.

Las refinерías de aluminio son el último eslabón de la cadena de reciclaje de este material, normalmente sus compras exceden las 10 toneladas, por lo que sus suministradores son siempre recuperadores mayoristas; cuando se ha llegado a un acuerdo de compra con ellos, se realizan análisis generales de la materia prima para verificar sus características; además, cuando el material entra en la refinería, se analizan muestras de cada lote para evitar introducir en el horno sustancias no indicadas para el proceso de producción de la refinería.

La importancia de la producción por fundición radica en el hecho de que no existe un solo sector de la construcción de máquinas y equipos que no involucre piezas fundidas.

En el Ecuador existen talleres que trabajan en la elaboración de piezas y artículos en base a la fundición de metales, siendo la mayoría de ellos negocios familiares y pocas empresas que se dedican a la fundición a mayor escala.

En la tabla 2 se indica la cantidad de repuestos para automotores fabricados en aleaciones de aluminio que son reemplazados en el transcurso de un mes en los principales talleres de servicio mecánico que fueron consultados en la ciudad de Cuenca. Existen una cantidad significativa de minoristas que adquieren la chatarra de diversos materiales que son comercializados a los pocos

mayoristas y fundidoras de metales existentes en nuestro medio, generalmente los mayoristas envían el producto reciclado a las fundidoras ubicadas mayoritariamente en la Ciudad de Guayaquil.

<b>PARTES AUTOMOTRICES</b>	
<b>ELEMENTOS</b>	<b>UNIDADES</b>
Pistones	151
Bomba de agua	130
Bomba de aceite	44
Cojinetes	604
Carcasas de cajas de cambios	9
Aros de llanta	55
Radiadores	68

**Tabla 2** Partes automotrices reemplazadas.

En la tabla 3 se indican las características de manejo y almacenamiento de piezas de aleaciones de aluminio de un centro mayorista de chatarra de metales en la ciudad de Cuenca.

<b>Taller</b>	Metales y Metales
Cantidad	1 Ton.
Tipo de almacenaje	Intemperie
Proceso de la chatarra	Ninguno
<b>Venta de materia prima</b>	
Distribución	Guayaquil
Cantidad	1 Ton/mes
Uso de la materia	Varios
<b>Almacenaje de otros metales</b>	
Cantidad	500 Ton.
Tipo de almacenaje	Intemperie
Proceso de la chatarra	Ninguno

**Tabla 3** Características de manejo de chatarra en un centro de reciclaje de metales.

## 5. DISEÑO TÉRMICO DEL HORNO DE FUNDICIÓN

Los hornos que se utilizan con mayor frecuencia son los eléctricos y de crisol. Para medianas y altas capacidades

de producción se emplean los eléctricos, éstos a su vez se clasifican en hornos de resistencia, de arco e inducción. Los hornos de crisol se emplean para la fusión del aluminio y sus aleaciones, la cámara de combustión cilíndrica está conformada internamente por un crisol construido de grafito o carburo de silicio donde se aloja el metal a ser fundido, un revestimiento aislante -ladrillo refractario- envuelve al crisol cuyo propósito es disminuir la transferencia de calor a través de las paredes, externamente una carcasa de acero inoxidable confiere resistencia y rigidez al horno; y en la parte superior se coloca una tapa para disminuir las pérdidas de calor. En este tipo de horno la pieza obtenida contiene pocas impurezas debido a que no está en contacto directo con la fuente de energía [7].

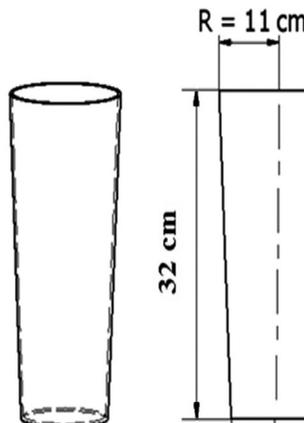
Para pequeños procesos de producción o en laboratorios se puede utilizar la energía eléctrica como fuente de calor utilizando resistencias eléctricas colocadas alrededor del crisol, la pieza de aluminio es calentada en forma indirecta, por cuanto la transferencia de calor fluye a través de las paredes del crisol –conducción-, del fluido circundante –convección- y por ondas electromagnéticas –radiación-. Para fundir metales y aleaciones de bajo punto de fusión las resistencias se fabrican a base de níquel 80% y cromo 20%, las mismas que soportan temperaturas de 850 a 1100 °C[6].

## 1.1 Consideraciones iniciales

Debido a que el proceso de vaciado se realiza entre dos personas y tomando en cuenta que el peso promedio que una persona adulta puede levantar sin ejercer mayor

esfuerzo es de 23 kg<sup>1</sup>, además de considerar el peso propio del crisol (10 kg) y de los equipos de levantamiento, se sugiere que la máxima capacidad del material a ser fundido en el crisol sea de 20 kg.

Para el volumen del crisol se considera el volumen ocupado por el material a fundir más un 25 % de espacio adicional para evitar que el aluminio en estado líquido se vierta accidentalmente. El crisol tiene la forma de un cono truncado según se observa en la figura 1.



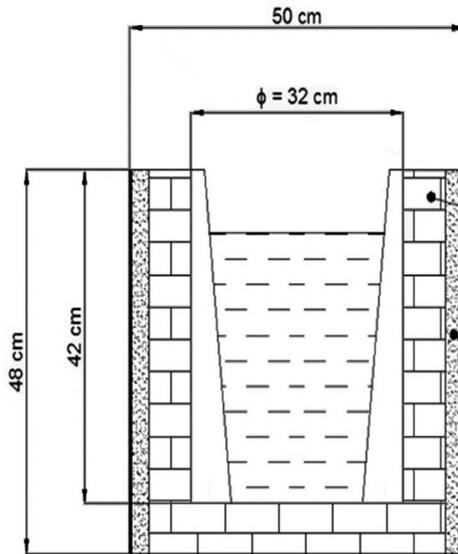
**Figura 1** Medidas del crisol

Fuente: Autor

Las medidas de la cámara del horno de fundición se obtienen en función de las dimensiones establecidas por el crisol. La pared del horno está conformada por tres capas de diferentes materiales: ladrillo refractario, la cual constituirá la parte interna del horno, de espesor 6,35 cm,

<sup>1</sup> Ecuación de NIOSH

posteriormente se colocará una manta cerámica de 2,54 cm de espesor y una hoja de acero inoxidable de 1 mm de espesor que cubrirá la parte externa. En la figura 2 se indican las medidas principales del horno.



**Figura 2** Medidas del horno de crisol  
 Fuente: Autor

## 5.1 Balance de energía

Para el proceso de fusión del aluminio se realiza un balance de energía en el sistema con el propósito de establecer la cantidad de energía calorífica que se requiere, donde el flujo de calor que ingresa es igual al flujo de calor que se acumula más el que se escapa.

$$\sum Q_e = \sum Q_a + \sum Q_s$$

$\sum Q_e$  = Flujo de calor que entra al sistema (7.34 kW)

$\sum Q_a$  = Flujo de calor que se acumula en el sistema (5.54 kW)

$\sum Q_s$  = Flujo de calor que sale del sistema (1.8 kW)

- **Flujo de calor que se acumula en el sistema**

Las paredes internas del horno y la pieza a fundir se consideran como elementos acumuladores de energía.

$$\sum Q_a = \sum Q_{pd} + \sum Q_{piz}$$

$\sum Q_a$  = Flujo de calor que se acumula en el sistema (5.54 kW)

$\sum Q_{pd}$  = Flujo de calor almacenado en las paredes del crisol (1.27 kW)

$\sum Q_{piz}$  = Flujo de calor para que la pieza de aluminio alcance los 750 °C (4.27 kW)

- **Flujo de calor que almacenado en las paredes del crisol**

Se considera la temperatura de colado para las aleaciones de aluminio de 750 °C, el tiempo de calentamiento de 1 h y de estabilización térmica del horno durante el proceso de fundición de 0,5 h[8].

$$Q_{pd} = \frac{m_{pd} c_{pd} (T_f - T_o)}{t}$$

$Q_{pd}$  = Flujo de calor almacenado en las paredes (1.27 kW)

$m_{pd}$  = Masa del material del crisol (6.69 kg)

$c_{pd}$  = Calor específico del grafito (935 J/Kg °K)

$T_f$  = Temperatura final (750 °C)

$T_o$  = Temperatura inicial (20 °C)

$t$  = Tiempo de calentamiento (1 h)

- **Flujo de calor necesario para fundir el aluminio.**

El flujo de calor requerido para que la temperatura de la pieza de aluminio alcance los 750 °C es igual al calor sensible más el calor latente del aluminio[9].

$$Q_{piz} = Q_{cpiz} + Q_{lpiz}$$

$Q_{piz}$  = Flujo de calor para que la temperatura de la pieza alcance los 750°C (4.27 kW)

$Q_{cpiz}$  = Flujo de calor para calentar la pieza a la temperatura de fusión (1.88 kW)

$Q_{lpiz}$  = Flujo de calor para la fusión del aluminio (2.39 kW)

### - Flujo de calor necesario que sale del sistema

$$\sum Q_s = Q_{tc} + Q_{bas} + Q_{ts} + Q_{eac}$$

$\sum Q_s$  = Flujo de calor que sale del sistema (1.8 kW)

$Q_{tc}$  = Transferencia de calor por las paredes del horno (0.99 kW)

$Q_{bas}$  = Transferencia de calor por la base del horno (0.3 kW)

$Q_{ts}$  = Transferencia de calor por la tapa superior del horno (0.14 kW)

$Q_{eac}$  = Pérdidas de calor por aberturas (0.37 kW)

### 1.3 Diseño del circuito eléctrico del horno de crisol

En función del balance de energía del horno de crisol eléctrico se determina el valor de la resistencia necesaria para el funcionamiento óptimo y la cantidad de corriente eléctrica con la que se alimentará el circuito eléctrico.

Considerando que el circuito será alimentado con una tensión de 220 V y aplicando la ley de Ohm se obtiene la cantidad de corriente necesaria.

$$I = \frac{Q_e}{V}$$

**$I$**  = Corriente eléctrica (33.36 A)

**$Q_e$**  = Flujo de calor que entra al sistema (7.34 kW)

**$V$**  = Tensión (220 V)

El valor de la resistencia eléctrica es:

$$R = \frac{V}{I}$$

**$R$**  = Resistencia eléctrica (6.6  $\Omega$ )

**$I$**  = Corriente eléctrica (33.36 A)

**$V$**  = Tensión (220 V)

En función de la resistencia eléctrica a la temperatura de 20° C se determina la resistencia por metro de longitud que existe en este material.

$$R_{20} = \frac{\rho}{A_{alm}}$$

- $R_{20}$  = Resistencia eléctrica a la temperatura de 20 °C  
(0.82  $\Omega/m$ )
- $\rho$  = Resistividad eléctrica (1.45  $\Omega mm^2/m$ )
- $A_{alm}$  = Área del alambre (1.77 mm<sup>2</sup>)

La resistencia eléctrica a la temperatura de trabajo se calcula considerando el coeficiente de resistividad, el cual sirve para determinar el cambio de la resistencia en función de la temperatura.

$$R_t = Ct R_{20}$$

- $R_t$  = Resistencia eléctrica a la temperatura de tratamiento térmico (0.82  $\Omega/m$ )
- $Ct$  = Coeficiente de resistividad a 550 °C (1.01)
- $R_{20}$  = Resistencia eléctrica a la temperatura de 20 °C  
(0.82  $\Omega/m$ )

La longitud de la resistencia eléctrica que se requiere se determina aplicando la siguiente ecuación.

$$L_{alm} = \frac{R}{R_t}$$

$L_{alm}$  = Longitud de la resistencia eléctrica (7.97 m)

$R$  = Resistencia eléctrica (6.6  $\Omega$ )

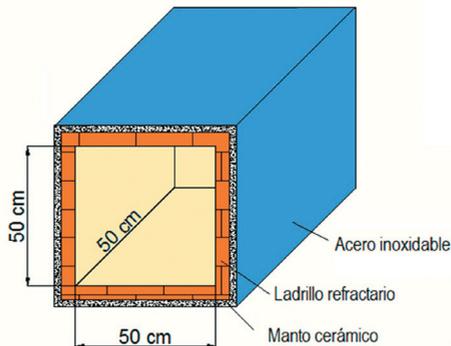
$R_t$  = Resistencia eléctrica a la temperatura de tratamiento térmico (0.828  $\Omega/m$ )

## 6. DISEÑO DEL HORNO PARA TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ALUMINIO

Los hornos se pueden clasificar en dos tipos: de contacto directo cuando la pieza está calentada en forma directa por los gases producto de la combustión, y de contacto indirecto si la pieza se encuentra aislada de estos gases. El horno de contacto directo tipo Batch permite una carga hasta completar el ciclo de calentamiento, los dotados de resistencias eléctricas son los que tienen bastante aplicación en laboratorios. Una de las ventajas de este horno es que permite realizar un enfriamiento lento -dentro del horno- a la pieza por largos períodos de tiempo, dependiendo del tratamiento térmico y del tipo de aleación de la pieza de aluminio –tabla 1.1-. Las resistencias eléctricas dentro de la cámara irán distribuidas en las paredes laterales permitiendo una mejor distribución del calor por radiación que se presenta, debido a las altas temperatura que alcanza la cámara (550 °C). La atmósfera puede ser natural o preparada según los requerimientos del tratamiento térmico.

## 6.1 Dimensionamiento del horno

Las dimensiones internas del horno están en función del tamaño de las piezas de aluminio que van a tener un tratamiento térmico, por lo tanto, al considerar que los aros en los vehículos son los componentes de mayor tamaño fabricados en aleación de aluminio, se tomará como referencia estos componentes mecánicos, los cuales están diseñados para soportar esfuerzos de tracción generados por el peso propio del vehículo, por las fuerzas de aceleración y de frenado, también están sujetos a esfuerzos cortantes de torsión generados al girar las ruedas y a esfuerzos de impacto de tipo radial y axial, por lo que los materiales de los aros deben tener buenas propiedades mecánicas para soportar con seguridad estas sollicitaciones dinámicas. La mayoría de vehículos livianos utilizan aros medianos y pequeños, por lo tanto, el horno podrá albergar aros de hasta 18 plg (45,72 cm) de diámetro nominal, considerando una holgura de 4 cm se determina la longitud interna del horno (50 cm) y la forma geométrica del equipo, según se indica en la figura 3.

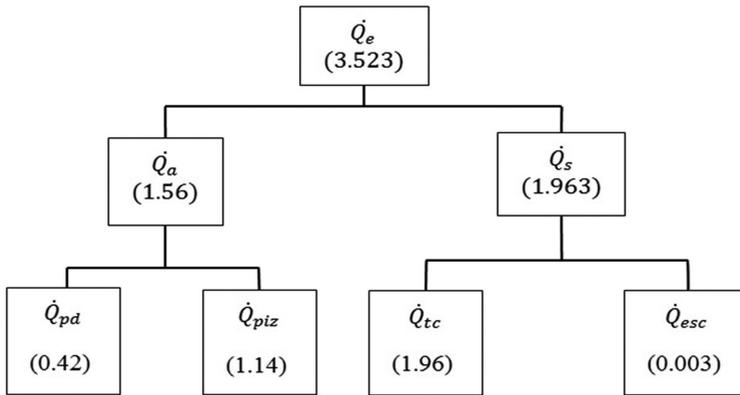


**Figura 3** Medidas del horno para tratamiento térmico.

Fuente: Autor

## 6.2 Balance de energía

Según la tabla 1.a, la temperatura máxima dentro del horno es de 650 °C, por lo que no se considera el calor necesario para el cambio de estado del metal, siendo está la principal diferencia con el balance de energía que se realizó para el horno de crisol. En la figura 4 se muestra el flujo de calor requerido para cada etapa del proceso y los valores respectivos.



**Figura 4** Flujo de calor requerido para el calentamiento de las piezas de aluminio (kW)

Donde:

$\bar{Q}_e$  = Flujo de calor que entra al horno (kW)

$\bar{Q}_a$  = Flujo de calor que se acumula en el horno (kW)

$\bar{Q}_s$  = Flujo de calor que escapa del horno (kW)

$\bar{Q}_{pd}$  = Flujo de calor almacenado en las paredes del horno (kW)

$\bar{Q}_{piz}$  = Flujo de calor para calentar la pieza de aluminio (kW)

$\bar{Q}_{tc}$  = Transferencia de calor por las paredes del horno (kW)

$\bar{Q}_{esc}$  = Pérdidas de calor por aberturas (kW)

### 1.3 Diseño del circuito eléctrico del horno de crisol

Para el horno de tratamientos térmicos el cálculo de la resistencia y la corriente eléctrica es similar al realizado para el horno de crisol. En la tabla 4 se indican los valores obtenidos.

<b>HORNO PARA TRATAMIENTOS TÉRMICOS</b>						
<b><math>Q_e</math></b> (kW)	<b>V</b> (V)	<b>I</b> (A)	<b>R</b> ( $\Omega$ )	<b><math>C_t</math></b>	<b><math>R_t</math></b> ( $\Omega$ )	<b><math>R_{alm}</math></b> (m)
3.523	220	16	13.75	1.02	0.836	16.4

**Tabla 4.-** Resultados del sistema eléctrico

## 6 Construcción de los hornos

En la tabla 5 se indican los principales equipos y materiales que se utilizaron para la construcción de los hornos. Se tomó en consideración las medidas de los hornos (figura 2 y 3).

<b>Horno de Crisol</b>		
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Ladrillos refractarios	u	50
Cemento refractario	Kg	5
Lámina acero inoxidable	m <sup>2</sup>	1.2
Crisol	u	1
Controlador electrónico programable	u	1
Termocúpla	u	1
Niquelinas	m	8 m
Relé de estado sólido	u	1
<b>Horno tipo Batch</b>		
Ladrillos refractarios	u	100
Cemento refractario	Kg	20
Manta refractaria	m <sup>2</sup>	1.5
Lámina acero inoxidable	m <sup>2</sup>	1.2
Crisol	u	1
Controlador electrónico programable	u	1
Termocúpla	u	1
Niquelinas	m	8 m
Relé de estado sólido	u	1
Tubo rectangular 5 – 2.5 – 0.2 cm	m	15

**Tabla 5.-** Características de los equipos

## 1.1 Horno de crisol

En las siguientes fotografías se indica el proceso de construcción del horno de crisol.



**Figura 5** Construcción del horno de crisol.  
Fuente: Autor



**Figura 6** Colocación de la lámina de acero inoxidable.  
Fuente: Autor



**Figura 7** Ubicación de las niquelinas y del crisol  
Fuente: Autor

En la fotografía 8 se indica el horno de crisol construido, el cual servirá para fundir piezas de aluminio y sus aleaciones. La fuente de alimentación es eléctrica.



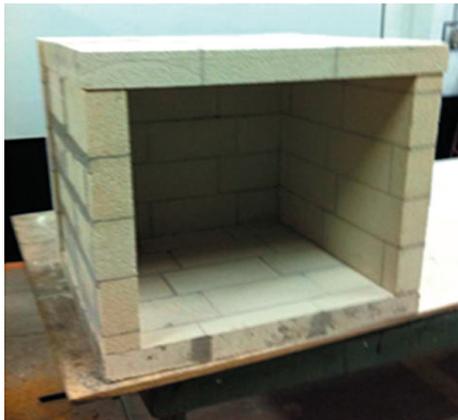
**Figura 8** Horno de crisol terminado.  
Fuente: Autor

## 1.2 Horno para tratamiento térmico

En las siguientes fotografías se muestra el proceso de construcción del horno tipo Batch.



**Figura 9** Placas de ladrillo refractario  
Fuente: Autor



**Figura 10** Paredes del horno.  
Fuente: Autor



**Figura 11** Estructura metálica del horno  
Fuente: Autor



**Figura 12** Ubicación de las niquelinas en las paredes del  
horno para tratamientos térmicos.  
Fuente: Autor

En la fotografía 13 se muestra el horno de tratamientos térmicos construido en la Universidad del Azuay.



**Figura 13** Horno de tratamientos térmicos tipo Batch.

Fuente: Autor

## **7 Proceso de fabricación de las piezas en moldes de arena y de yeso**

Antes de la fabricación del modelo en madera se debe realizar un croquis de las piezas en el cual se indican las medidas principales del modelo, se incluye un sobredimensionamiento debido a la contracción del metal por el cambio de estado (líquido a sólido) y para su posterior mecanización del elemento mecánico.

Las cajas se fabricaron en función del tamaño del modelo, en general se consideró una distancia de 5 cm entre los bordes de la caja y del modelo, las esquinas fueron reforzadas mediante platinas de acero, provistas de centradores en cada caja para evitar que se desalineen durante el proceso de fundición del metal.

## 8.1 Moldes de arena

La arena de moldeo debe ser preparada, los componentes y sus porcentajes de la mezcla fueron los siguientes: del 6 al 8% de bentonita, y del 2 al 4% de agua del peso total de la arena sílice. Es necesario cumplir con estos parámetros para la obtención de una buena arena de moldeo. En la práctica, son la intuición y habilidad del operario las que al final determinan la consistencia, aspecto y características de la arena antes del compactado así como la mezcla homogénea de la misma.

En una superficie plana y limpia se procede a colocar la caja base con la cara que sirve de unión asentada sobre la superficie, se espolvorea la superficie interna con talco para evitar que la arena se adhiera al piso, se coloca el modelo centrado con respecto a la caja de moldeo y se lo cubre con la arena preparada, la misma que se va compactando uniformemente, una vez que la caja está llena de arena sílice se voltea la caja para tener acceso al modelo, el mismo que se retira sin deteriorar la cavidad formada, posteriormente se procede a compactar con arena preparada la caja superior sin el modelo, pero colocados previamente unos tubos que deben coincidir con la cavidad del molde de la caja base, los mismos que servirán para verter la colada hacía el modelo y de

respiradero cuya función es permitir que el aire y los gases generados en el proceso de la fundición puedan escapar y de esta manera disminuir las anomalías que se presentan en las piezas fundidas; finalmente se procede a secar la arena que se encuentra en los bordes del modelo para otorgar mayor firmeza al entrar en contacto con el metal líquido. En la figura 14 se indica el proceso de secado de la arena.



**Figura 14** Proceso de secado del molde.  
Fuente: Autor

## 8.2 Moldes de yeso

El modelo se realizó en madera con un buen acabado superficial con el propósito de obtener el molde con la menor cantidad de imperfecciones. La pasta del molde se obtuvo al combinar de manera homogénea yeso, caolín, talco y agua. En la tabla 6 se indican las diferentes composiciones que se utilizaron.

Yeso (%)	Caolín (%)	Talco (%)	Chamota (%)	Sílice (%)	Resultado
100	–	–	–	–	X
90	–	10	–	–	✓
90	10	–	–	–	✓
80	10	10	–	–	✓
80	–	–	10	10	✓
70	10	10	10	–	X
70	15	15	–	–	✓
60	10	10	10	10	X

**Tabla 6.-** Composición de la mezcla para la fabricación del modelo en yeso.

El proceso de construcción de los moldes es similar al descrito en la obtención del modelo en arena (sección 8.1), una vez obtenido el molde se procedió a secarlo. En la tabla 7 se indican los diferentes procesos de secado que se realizaron a los moldes de yeso.

Prueba	Medio de secado	Temp. de secado	Tiempo
1	Horno tratamientos térmicos	200 °C	30 min.
2	Oxiacetilénica y horno	200 °C	30 min.
3	Horno doméstico Horno tratamientos térmicos	80 °C 500 °C	48 h 30 min.
4	Horno doméstico	80 °C	48 h

**Tabla 7.-** Proceso de secado de los moldes

### 8.3 Proceso de colado del aluminio

Se seleccionó como material para la fundición pistones de automotores por cuanto es una aleación de aluminio – silicio, lo cual favorece el colado del metal. La temperatura programada en el horno eléctrico fue de 750 °C, el tiempo requerido para que todo el material reciclado se encuentre en estado líquido fue de una hora aproximadamente, antes del proceso de colado se retira la escoria que se acumula en la superficie del metal líquido, se levanta el crisol del horno mediante una pinza de sujeción, se realiza el volteo sobre el molde y se vierte la colada por el canal de ingreso hasta que rebose el metal líquido por los ductos realizados en el molde de arena. Para evitar que las cajas se separen durante el colado, éstas deben tener unos mecanismos de sujeción o a su vez colocar peso sobre las mismas. En la fotografía15 se muestra el proceso de colado del metal en un molde de arena.



**Figura 15** Proceso de colado del metal.

Fuente: Autor

## **8.4 Limpieza de la pieza fundida**

Una vez enfriado el molde de arena se procede a limpiar la pieza obtenida, se cortan las mazarotas, rebabas y se inspecciona visualmente la calidad del producto terminado, si no existen defectos que afecten el acabado superficial se procede finalmente a maquinar la pieza hasta obtener las medidas originales.

## **8.5 Tratamiento térmico de las piezas de aluminio**

El tratamiento térmico que se realizó en algunas piezas de aleaciones de aluminio fue el de envejecimiento artificial, el mismo que tiene por finalidad conseguir mayor resistencia y dureza en el material mediante la formación de partículas finas que actúan para bloquear el movimiento de las dislocaciones. Este procedimiento consiste en calentar en el horno de tratamientos térmicos la pieza colada a una temperatura de 400 °C por un período de 18 horas y enfriar a temperatura ambiente, según se describe en la tabla 1.b. En la figura 16 se muestran las probetas dentro del horno de tratamientos térmicos.



**Figura 16** Tratamiento térmico de las piezas de aluminio.  
Fuente: Autor

## 8.6 Análisis de la microestructura

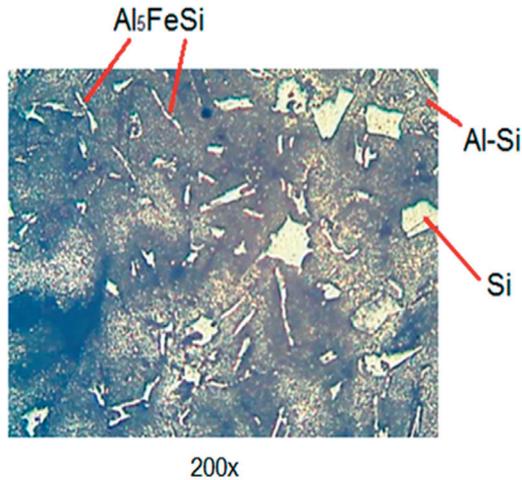
Se obtuvieron muestras de las diferentes fundiciones de aluminio que se realizaron en moldes de arena y de yeso, éstas fueron analizadas antes y después de ser sometidas al tratamiento térmico de envejecido artificial con el propósito de analizar la microestructura y características del material obtenido.

La mayor parte de las aleaciones de aluminio colado usados por la industria automotriz son Al-Si hipoeutéticas y muy

pocas son del tipo hipereutéticas, siendo las aleaciones de las serie 2xx y 3xx las que se utilizan preferentemente en la construcción de pistones para vehículos automotores, los mismos que fueron el material que se utilizó como chatarra para la obtención de las piezas mecánicas [4].

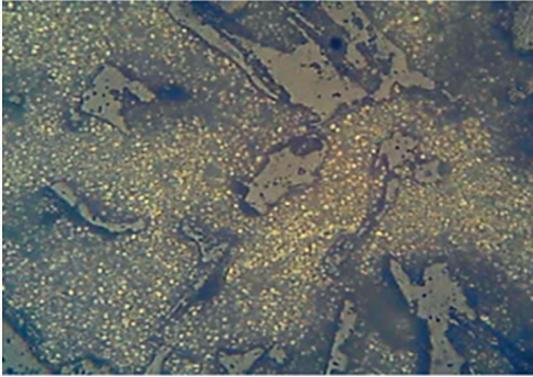
La microestructura de estos elementos mecánicos está constituida por dendritas de aluminio rodeadas por la mezcla del eutéctico Al-Si, precipitados del tipo Al<sub>2</sub>-Cu de morfología variable, así como por diversas fases intermetálicas generadas por los elementos residuales de la chatarra. El hierro promueve la generación de varias de estas fases, las más comunes son del tipo Al<sub>5</sub>FeSi y Al<sub>15</sub>(Mn,Fe)<sub>3</sub>Si<sub>2</sub>, la primera es dañina por su dureza, fragilidad y su morfología del tipo placa. El magnesio se añade en algunas aleaciones de aluminio para endurecer por precipitación de partículas del tipo Mg<sub>2</sub>Si.

La micrografía de la aleación de aluminio en la primera fundición que se realizó y fue obtenida en moldes de arena sin tratamiento térmico se muestra en la figura 17. Los granos en forma de polígonos son partículas de silicio primario embebidas en una matriz eutéctica -aleación hipereutectica-, la formación de estas placas se debe al enfriamiento lento de la colada, las placas en forma de aguja son compuestos intermetálicos del tipo Al<sub>5</sub>FeSi; en general estos poliedros y placas presentes en la microestructura son concentradores de esfuerzo y generan fragilidad en la pieza metálica.



**Figura 17** Granos de silicio en una matriz eutéctica.  
Ataque químico Keller  
Fuente: Autor

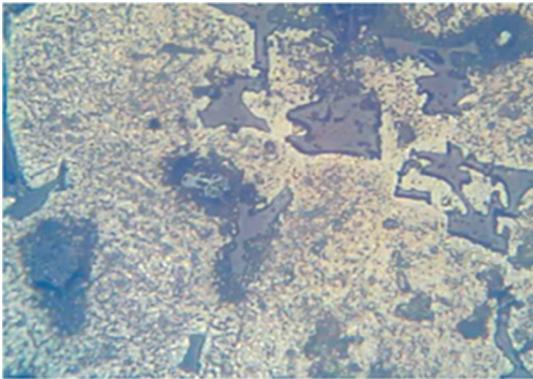
En la figura 5.18 se muestran las micrografías de una probeta de aleación de aluminio en molde de yeso, la figura 18.a corresponde a la microestructura del material sin ningún tratamiento térmico, el de la figura 18.b corresponde a la microestructura de la probeta después de un envejecimiento artificial a una temperatura de 200 °C por un tiempo de 6 horas; en ambas micrografías se aprecia la fase eutéctica Al-Si, los granos de silicio y los compuestos intermetálicos descritos anteriormente.



**Figura 18.a** Micrografías de una aleación de aluminio silicio antes del proceso de envejecimiento artificial.

Ataque químico Keller. Aumento 400x

Fuente: Autor



**Figura 18.b** Micrografías de una aleación de aluminio silicio después del proceso de envejecimiento artificial.

Ataque químico Keller. Aumento 400x

Fuente: Autor

Se realizó el ensayo de dureza en la escala Rockwell A en probeta para determinar cambios en las propiedades mecánicas del material después de realizar el envejecimiento artificial. En la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 8.- Resultado del ensayo**

<b>Ensayo</b>	<b>Sin tratamiento térmico</b>	<b>Con tratamiento térmico</b>
	<b>HRA</b>	<b>HRA</b>
1	42	39
2	50	37
3	50	41
<b>Promedio</b>	<b>47</b>	<b>39</b>

## 9 Conclusiones

Mediante el trabajo de campo se determinó que en la ciudad no existe un programa adecuado en relación al manejo del reciclaje de metales, la mayoría de los centros de atención consultados entregan los repuestos reemplazados a los propietarios de los vehículos. Bajas cantidades de estos accesorios que no son retirados son comercializados a los minoristas a precios económicos.

Las diferentes aleaciones de aluminio que se aplican en el diseño y fabricación de las partes automotrices son generalmente aleaciones de Al-Si con diferentes composiciones químicas, por lo tanto, para obtener una pieza con aceptables características mecánicas mediante el proceso de fundición es necesario clasificar la chatarra según el tipo de componente o accesorio y así evitar

compuestos intermetálicos que fragilizan al material obtenido.

El diseño y construcción de los hornos de crisol y Batch de funcionamiento eléctrico son adecuados para aplicaciones en el laboratorio, la potencia de los hornos permite alcanzar las temperaturas requeridas en tiempos aceptables y sin ninguna contaminación ambiental.

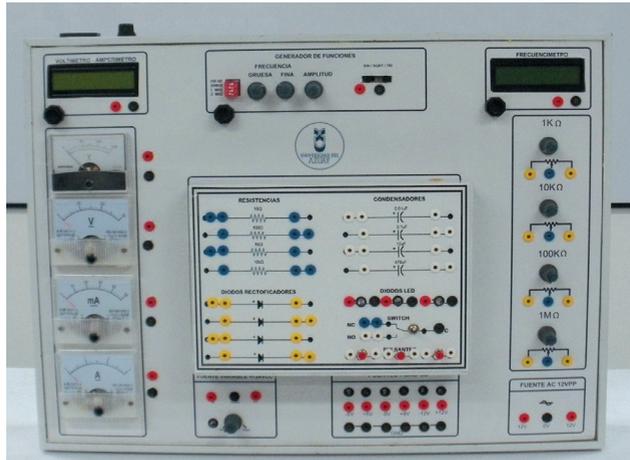
Las piezas obtenidas en moldes de yeso presentaron defectos durante la solidificación del metal debido a la presencia de humedad en los moldes, lo que generó porosidad gaseosa, la misma que no se pudo disipar por la poca permeabilidad del yeso. Para mejorar la permeabilidad de los moldes de yeso se puede combinar este con arena sílice hasta obtener una mezcla con buenas propiedades y posteriormente secar el molde a temperaturas que no superen los 100 °C.

La disminución de la dureza del material después de realizar el proceso de envejecimiento artificial es un indicativo del proceso de alivio de tensiones producidas por la variación de temperatura durante el proceso de solidificación del material.

## REFERENCIAS

- [1] Colás Rafael, Soldificación de monobloques de aluminio, Memorias del XII Congreso Internacional de la SONIM, 2006 Acapulco, [ref. de 20 de febrero de 2012]. Disponible en Web: [http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2006/articulos/A1/A1\\_47.pdf](http://somim.org.mx/articulos2010/memorias/memorias2006/articulos/A1/A1_47.pdf).
- [2] Mangonon Pat, Ciencia de Materiales: selección y diseño, Prentice Hall, México 2001.
- [3] Marks, Manual del Ingeniero Mecánico, 9<sup>na</sup> edición, mc Graw Hill, 1995.
- [4] Smith William, Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales, 4<sup>ta</sup> edición, Mc Graw Hill, México, 2004.
- [5] Askeland Donald, Ciencia e Ingeniería de los Materiales, 4<sup>ta</sup> edición, Thomson, México, 2004.
- [6] Hobbyland, Horno Nabertherm, [ref. de 20 de febrero de 2012]. Disponible en Web: <http://www.hobbyland.eu/esp/prod/00000006/00000119/0/21215.htm>
- [7] Direct Industry, [ref. de 20 de febrero de 2012]. Disponible en Web: [http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/horno-laboratorio-73449-\\_2.html](http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/horno-laboratorio-73449-_2.html)
- [8] Cengel, Yunus A, Transferencia de Calor y de Masa, 3<sup>ra</sup>, Mc Graw Hill, México, 2007.
- [9] TRINKS W, Hornos Industriales Vol 1; URMA, España, 1975.





## **Diseño de un prototipo de una unidad didáctica para realizar prácticas de electrotecnia**

Crespo Pedro<sup>1\*</sup>, Mora Pablo<sup>1</sup>, Peñafiel Bernarda<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencia y Tecnología

Universidad del Azuay

Av. 24 de mayo y calle Hernán Malo, Cuenca, Ecuador

\*Correspondencia: pcespo@uazuay.edu.ec

## Resumen

El presente trabajo describe el diseño de un prototipo de una unidad didáctica para realizar prácticas de electrotecnia. Esta unidad contiene fuentes fijas, variables y simétricas de corriente continua, fuente de corriente alterna, generador de funciones, instrumentos de medición de tensión y corriente analógicos y digital, y medición de frecuencia. La unidad consta además de potenciómetros de alta potencia.

En la parte superior de la unidad se podrá colocar sea un protoboard o un módulo de prácticas. Todas estas características convierten a la unidad didáctica en un laboratorio de fácil movilidad.

**Palabras clave:** prototipo, electrotecnia, laboratorio, corriente continua, corriente alterna.

## Abstract

This work describes the design of a prototype for a teaching unit to realize electrotechnics laboratory practices. The teaching unit contains fixed, variables and symmetric direct current power supply, alternating current source, function generator, measuring analog and digital instruments for voltage and current, and frequency measurement. The unit further comprises high power potentiometers.

At the top of the unit can be placed either a breadboard or a practice module. All these characteristics become the teaching unit in a laboratory of easy mobility.

**Keywords:** prototype, electrotechnics, laboratory, direct current, alternating current.

## 1. Introducción

En la Universidad del Azuay, la Electrotecnia es considerada como una materia que se articula con el curriculum de carreras técnicas como Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica Automotriz, Ingeniería de la Producción y Operaciones e Ingeniería en Sistemas y Telemática, y a su vez una materia que tendrá una relación estrecha con asignaturas como por ejemplo: la electricidad industrial, la electricidad del automóvil, la electrónica analógica y digital, las telecomunicaciones, el control automático, la autotróica, la telemática, la manufactura flexible, por nombrar algunas.

Los fundamentos teóricos y leyes de la Electrotecnia serán significativos para los estudiantes, solamente en el momento en que se puedan realizar demostraciones prácticas de los mismos, lo que implica un aprendizaje por evidencias.

Nace así la idea de diseñar una unidad didáctica que contenga la mayoría de instrumentos de medida, fuentes de energía, generador de funciones, y equipos que normalmente tienen los laboratorios estándar para la elaboración de prácticas de electrotecnia y además que sea lo suficientemente versátil y flexible como para cubrir todos los requerimientos y niveles de prácticas con visión hacia la electrónica, y en donde se puedan realizar experiencias desde conceptos básicos (como carga y descarga de condensadores o Ley de Ohm), pasando por la elaboración de diseños de complejidad intermedia (como fuentes de rectificación y filtros), hasta la construcción

de sistemas complejos (circuitos microprocesados o procesamiento digital de señales). Se incluyen cuatro potenciómetros debido a que estos componentes son de difícil colocación en un protoboard, mientras que al estar en la unidad didáctica, simplemente pueden ser instalados hacia el protoboard mediante cables de conexión.

Otro factor muy importante en el diseño, fue el de la movilidad del equipo lo cual en alguna medida descongestionará la utilización física de las áreas de laboratorio actualmente disponibles ya que la unidad está diseñada para ser transportada a cualquier lugar (otro laboratorio, un aula, áreas para demostración, casas abiertas, etc).

El módulo, a parte de los equipos indicados anteriormente, dispone de un área central en donde se podrá colocar:

Un módulo que contiene un protoboard y en donde el estudiante podrá realizar cualquier circuito eléctrico/electrónico de acuerdo a las necesidades y competencias que deba tener en su área (estudiantes de Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica Automotriz).

Un módulo con componentes preinstalados, con simbología adecuada para que los estudiantes puedan realizar circuitos demostrativos y de comprobación de fenómenos eléctricos suficientes y necesarios para obtener competencias en el nivel que corresponde a su carrera (Ingeniería de la Producción y Operaciones y otras).

## 2. Materiales y métodos

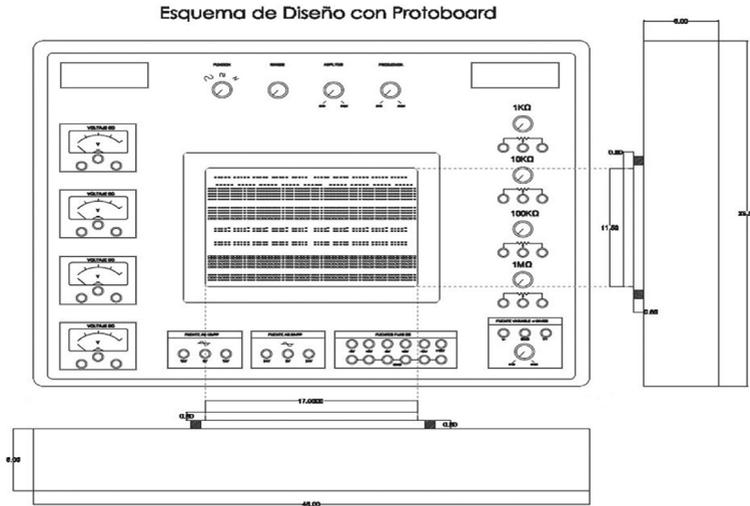
### 2.1 Estructura física

La estructura física de la unidad didáctica, así como los módulos para las prácticas (la una con protoboard y la otra con componentes preinstalados), se realizó en madera MDF (Medium Density Fibreboard) debido a que el peso de la estructura sería demasiado elevada si se la fabricaba en otros materiales como hierro y fibra de vidrio; esto sumado al peso del transformador y componentes internos resultaría en un peso demasiado alto, que disminuiría la característica inicial del diseño, de que la unidad didáctica fuese móvil y fácilmente transportable por un alumno.

La estructura de la unidad didáctica tiene una dimensión de 45 cm x 33.5 cm, en donde se han distribuido los siguientes componentes:

- Un voltímetro/amperímetro digital
- Un generador de funciones con su sistema de interruptores y tomas
- Un frecuencímetro
- Instrumentos analógicos de medida (voltímetro 0-150 Vca, voltímetro 0-30 Vcc, miliamperímetro 0-50 mA cc, amperímetro 0-3 A cc)
- Fuente variable 0-30 Vcc
- Fuentes duales con tomas para  $\pm 5V_{cc}$ ,  $\pm 9V_{cc}$  y  $\pm 12V_{cc}$
- Fuente de corriente alterna de 12Vca toma central
- Potenciómetros de 1K $\Omega$ , 10K $\Omega$ , 100K $\Omega$  y 1 M $\Omega$  todos de 2W con sus respectivas perillas

- Un fusible de protección para 1 A
- Socket para toma de cable de conexión de la unidad didáctica a la red de 110 Vca
- Un interruptor general con indicación luminosa.



Los módulos en donde se realizaran los circuitos de las prácticas (tanto con protoboard como con componentes preinstalados) tienen en su parte posterior cuatro anclajes de caucho que embonaran en 4 receptáculos metálicos situados en el centro de la unidad didáctica los mismos que evitarán que los módulos se muevan durante la realización de las prácticas.

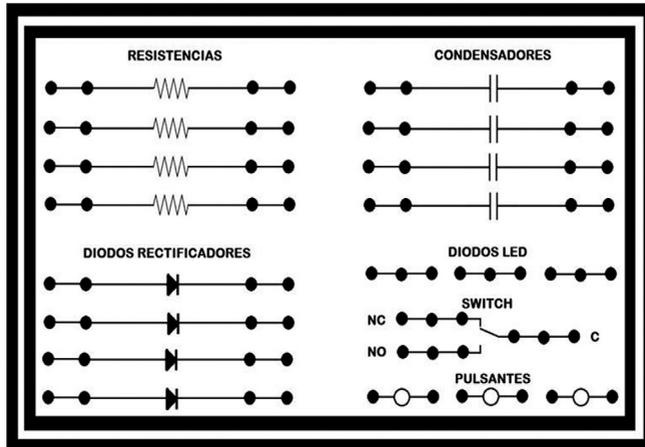


Figura 1. Módulo con componentes preinstalados

La estructura para la colocación del protoboard es un soporte de madera MDF de 20.5 cm x 14.5 cm x 12 mm, en la cual se ha adherido un protoboard de 12 cm x 17 cm (1680 puntos de conexión)

El módulo para la realización de prácticas en base a componentes preinstalados está constituido por una caja de 20.5 cm x 14.5 cm x 3 cm, en cuyo interior se han colocado: resistencias de 10  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 1K $\Omega$  y 10K $\Omega$  todas de 1w; condensadores electrolíticos de 0.01 $\mu$ F, 0.1 $\mu$ F, 10 $\mu$ F y 470 $\mu$ F; 4 diodos 1N4007; 3 diodos LED; 3 pulsantes y un interruptor SPDT.

Tanto en la unidad didáctica como en el módulo con componentes preinstalados para realizar las prácticas, se han utilizado sockets plásticos miniatura de diferentes colores para identificar las tomas de conexión.

## 2.2 Voltímetro/Amperímetro digital

Por costo se tomó la decisión de integrar al sistema un voltímetro/amperímetro digital en kit microcontrolado que puede medir de 0-70 V con una resolución de 10 mV y un amperaje de 0-10 A con una resolución de 10 mA. Se utiliza un microcontrolador PIC16F876A que incorpora un convertidor analógico-digital; la visualización es a través de una pantalla LCD de 16x2.

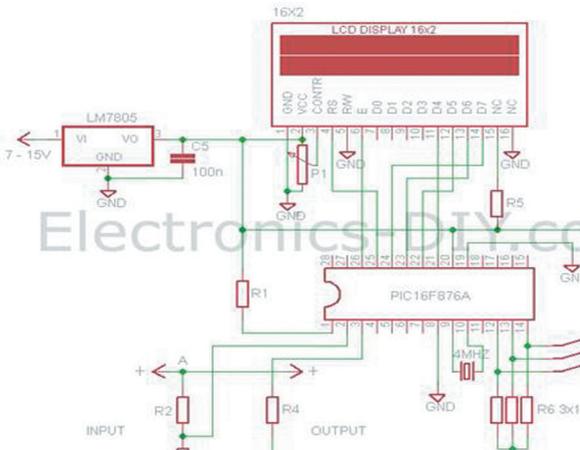


Figura 2. Circuito del Amperímetro/Voltímetro digital

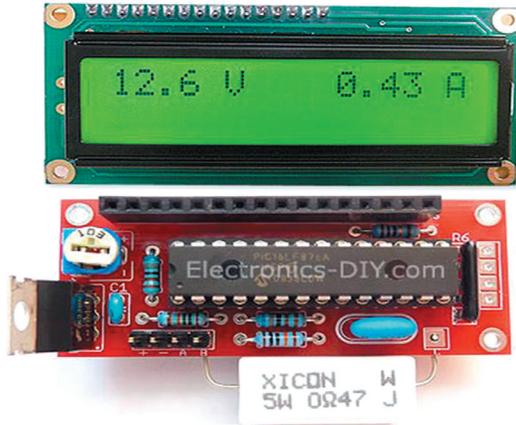


Figura 3. Voltímetro/Amperímetro digital ensamblado

## 2.1 Generador de funciones

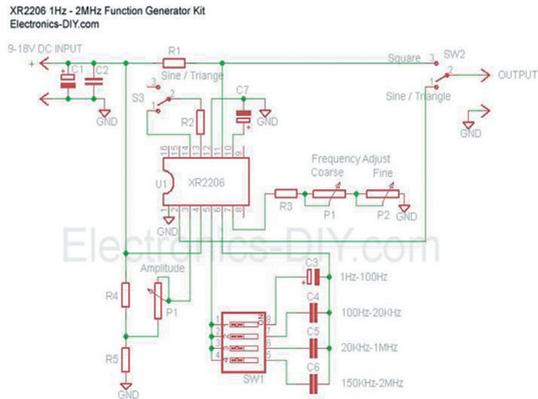


Figura 4. Circuito del generador de funciones

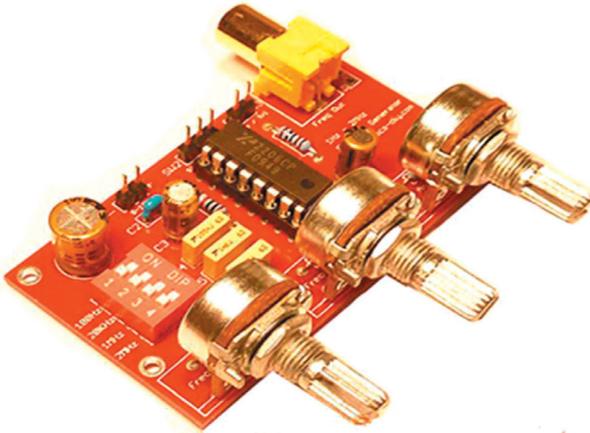


Figura 5. Generador de funciones ensamblado

Se ensambló un generador de funciones que genera ondas senoidal, cuadrada y triangular. Las ondas de salida pueden ser moduladas en frecuencia y amplitud.

El ajuste grueso de frecuencia se lo realiza mediante un interruptor (tipo 4-DIP) en los siguientes rangos: (1) 1Hz-100Hz, (2) 100Hz-20KHz, (3) 20KHz-1MHz, (4) 150KHz-2MHz. El control fino de frecuencia se lo puede realizar mediante dos potenciómetros.

## 2.4 Frecuencímetro

Este instrumento tiene un rango de medida de 10Hz a 60MHz con una resolución de 10Hz.

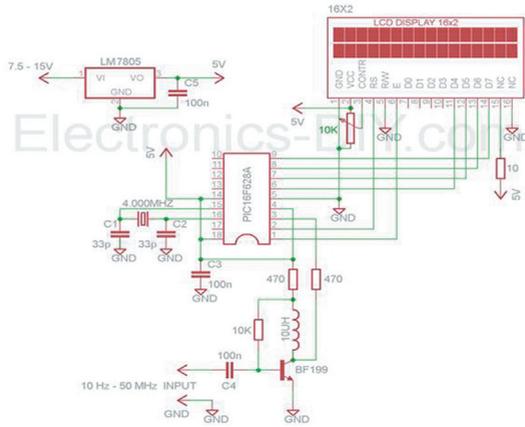


Figura 6. Circuito del frecuencímetro



Figura 7. Frecuencímetro ensamblado

## 2.5 Fuente variable de 0-30 Vcc

Esta fuente tiene las siguientes características:

- Salida regulable de 0V a 30Vcc
- Máxima corriente de salida 1 Amp
- Protección de salida contra sobrecarga
- Para determinar los valores mínimo y máximo de tensión de salida se utilizó un simulador (Multisim) obteniendo valores de 1.25 a 29.99 Vcc

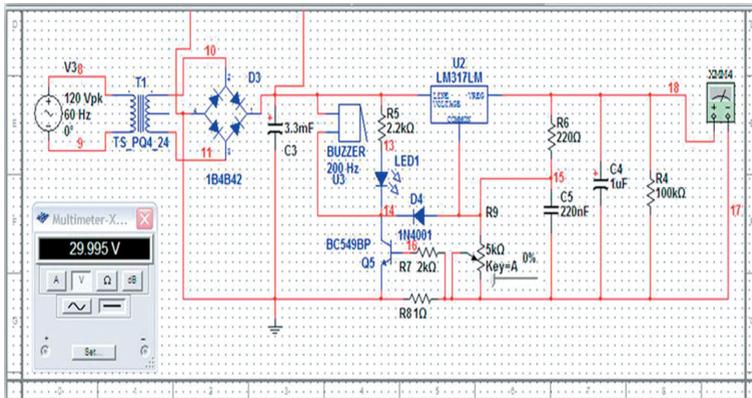


Figura 8. Simulación del circuito de fuente variable 0-30Vcc

## 2.6 Fuentes simétricas de corriente continua

Se diseñaron y ensamblaron tres fuentes simétricas de corriente continua con salidas fijas de  $\pm 5V$  cc,  $\pm 9V$  cc,  $\pm 12V$  cc. El transformador utilizado es de 500VA.

Se incluyó una protección de salida contra sobrecarga

La mejor alternativa fue la de utilizar un circuito integrado 78XX para +5V, +9V, +12V.

Con el mismo esquema se obtendrá la sección negativa utilizando un circuito integrado 79XX para -5V, -9V y -12V. De esta manera obtendremos una fuente simétrica

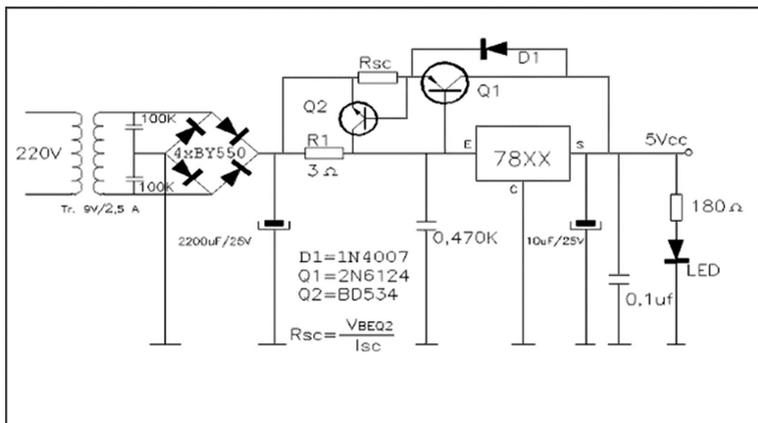
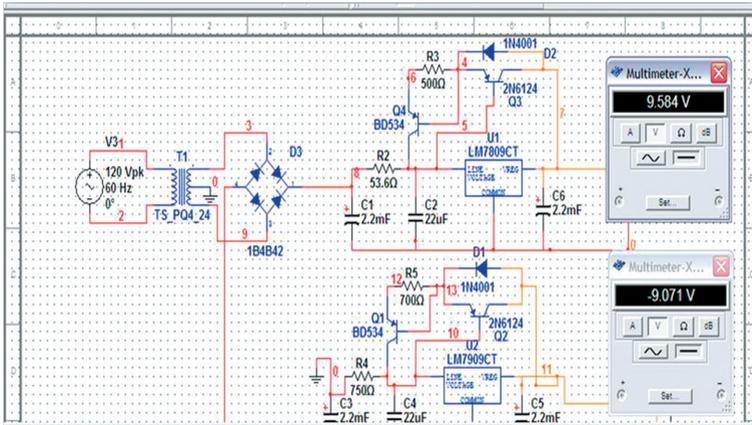


Figura 9. Circuito para las fuentes simétricas

Para comprobar su correcto funcionamiento se utilizó el simulador Multisim, en el que se validó el nivel de voltajes y el correcto funcionamiento del circuito de protección.



## 2.7 Fuente de corriente alterna de 12 voltios

La fuente de corriente alterna es de 12Vp, con valor eficaz es  $12 \cdot (2)^{1/2} = 16.97V$ .

La protección de la fuente se realizó con un fusible de 1A.

Mediante un osciloscopio virtual se comprobaron los voltajes -eficaces y valores pico- pico de la señal alterna.

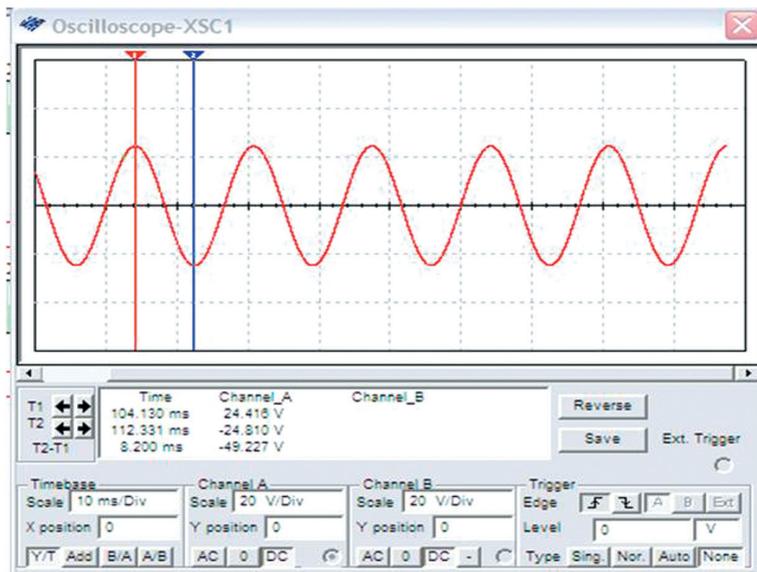
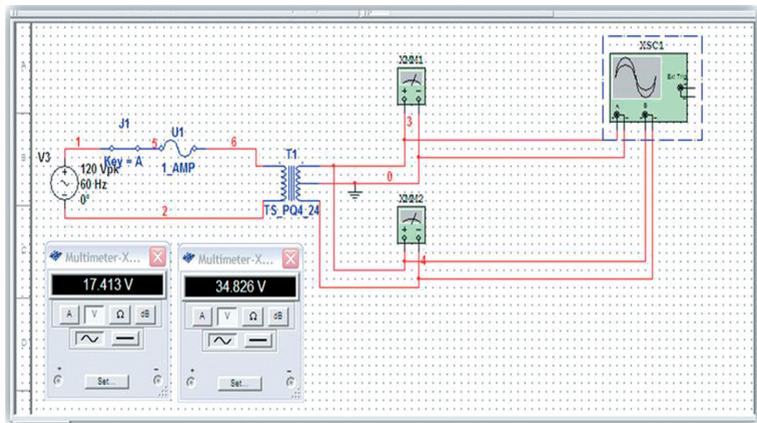


Figura 11. (a) Simulación de la fuente de corriente alterna, (b) análisis de la onda sinusoidal

## 2.8 Diseño de las tarjetas de circuito impreso PCB (PrintedCircuitBoard)

Mediante la utilización del software AltiumDesigner se diseñaron las pistas para los circuitos de las fuentes simétricas de  $\pm 5V_{cc}$ ,  $\pm 9V_{cc}$  y  $\pm 12V_{cc}$  y la ubicación de los componentes electrónicos para las mismas. Con el objeto de evitar posibles cortocircuitos al momento de soldar los componentes, se diseñaron las pistas de cobre de un ancho mayor al que normalmente se lo realiza.

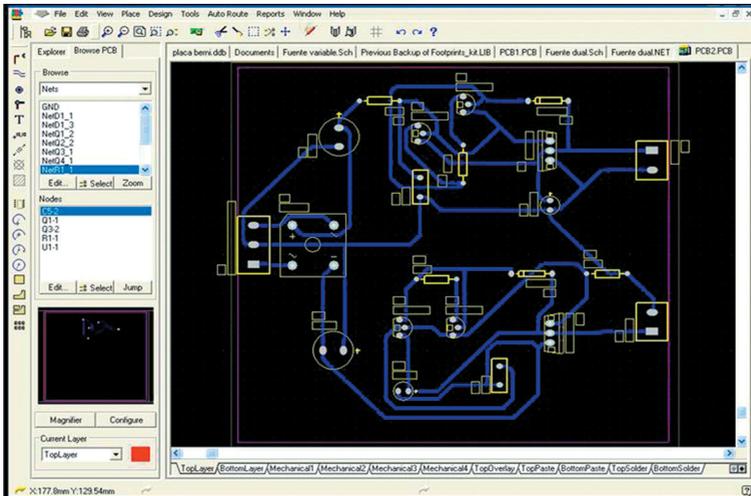


Figura 12. Diseño de las pistas para las fuentes simétricas

## 2.9 Fabricación de las placas impresas PCB

Las placas para las fuentes positivas de  $+5V_{cc}$ ,  $+9V_{cc}$  y  $+12V_{cc}$ , así como la fuente variable de 0-30Vcc, se fabricó sobre baquelita mediante el proceso de uso de percloruro, placa de cobre y papel fotosensible para transferencia.



Figura 13. Fabricación y ensamble de las tarjetas de PCB

### 2.9.3 Cables y plugs

Para realizar las conexiones en los módulos de prácticas, se construyeron cables de colores de diferentes dimensiones con plugs en sus dos extremos, aptos para los sockets miniatura instalados.



Figura 14. Plugs con cable

## 3. Resultados

Se validó el funcionamiento de la unidad didáctica mediante la elaboración de dos prácticas de laboratorio (carga y descarga de un condensador y la Ley de Ohm).

Los valores registrados mediante los instrumentos de medida, tanto sobre las fuentes cuanto sobre los componentes fueron satisfactorios y equivalen a los valores teóricos obtenidos mediante cálculo al aplicar las leyes de la electrotecnia, lo que garantiza que el uso

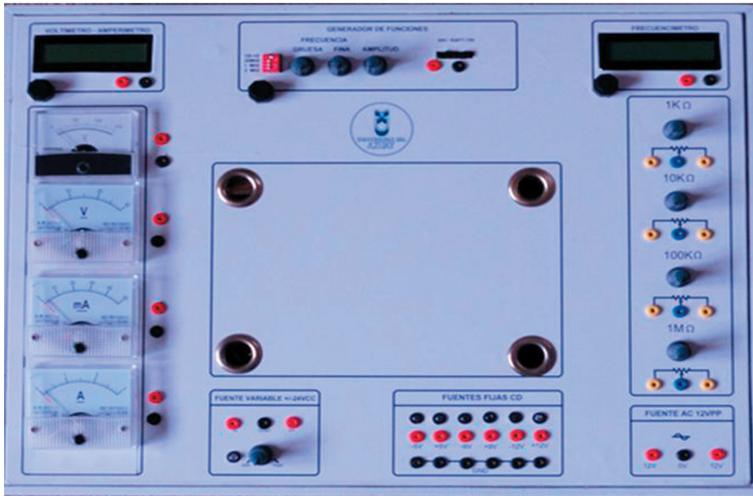
de la unidad didáctica sea confiable para el proceso de enseñanza aprendizaje .

#### **4. Discusión**

El proyecto del diseño y construcción de una unidad didáctica para realizar prácticas de electrotecnia servirá de base para la futura implementación de un laboratorio para esta materia, lo que justifica su importancia y utilidad.

Esta unidad didáctica podrá:

- Eventualmente ser utilizada por estudiantes de otras carreras que ofrece la Universidad del Azuay como son Ingeniería de Sistemas y Telemática, Ingeniería Civil y Gerencia de Construcciones y Diseño de Interiores en cuyas mallas curriculares constan temas relacionados con la electrotecnia.
- Contribuir al desarrollo e implementación de prácticas de nivel avanzado en áreas como la electrónica analógica, digital, microprocesadores, DSP, autotrónica y un sinnúmero de temas dentro de las ciencias eléctricas, que aportarán a la elaboración de futuros proyectos interdisciplinarios.
- Ser parte de una oferta didáctica por parte de la universidad para uso en escuelas y colegios en el área de la electricidad y la física.



## 6. Registro fotográfico

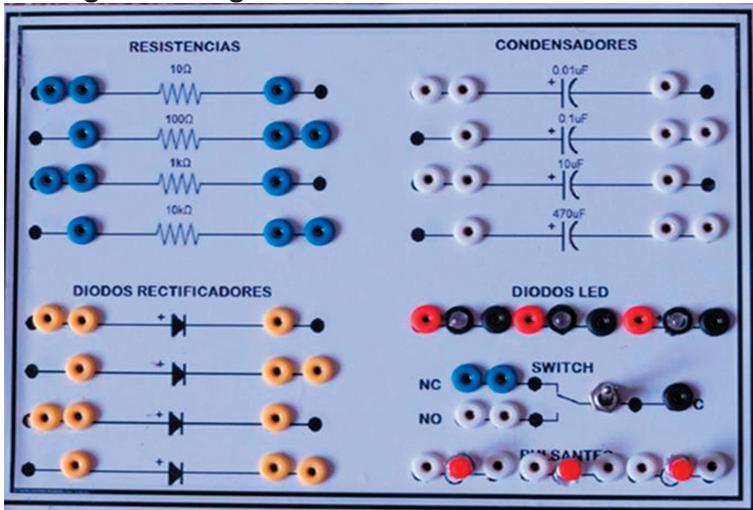


Figura 15. Unidad didáctica

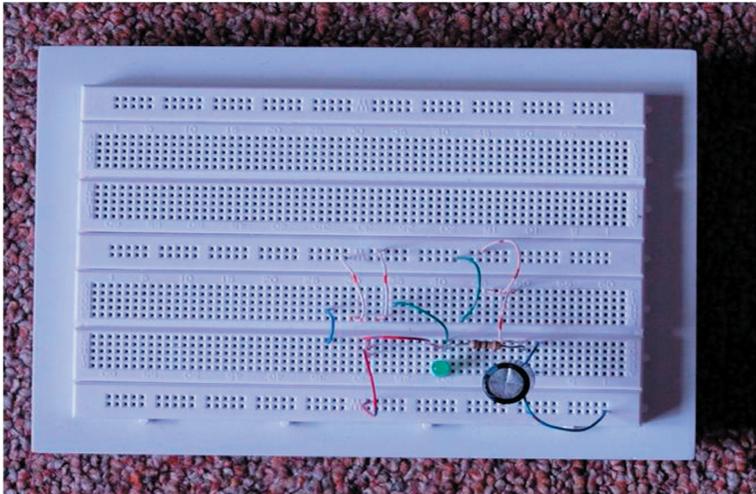


Figura 16. Módulo de prácticas

Figura 17. Módulo con protoboard

## 5. Agradecimiento

Un agradecimiento muy especial al ingeniero Jacinto Guillén García, Decano General de Investigaciones de la Universidad del Azuay por su apoyo para la realización de este trabajo.

A los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, el señor Pablo Mora, y las señoritas Bernarda Peñafiel y Katherine Bustamante por su excelente trabajo en el diseño, construcción y montaje de los circuitos y estructura de la unidad didáctica.

A la señora Jheimy Pacheco, secretaria del Decanato General de Investigaciones de la Universidad del Azuay

por su gestión en la administración del proyecto.

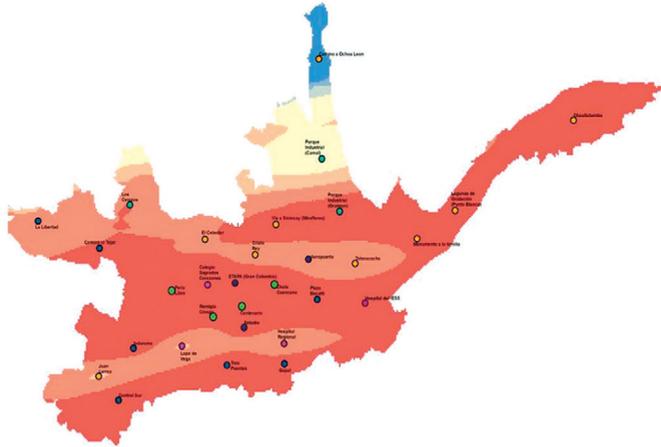
## 6. Bibliografía

Malvino Albert, Bates David: Principios de Electrónica – España – McGraw-Hill Interamericana-2007 –séptima edición –ISBN:978-84-481-5619.

Robert L. Boylestad, Louis Nashelsky-Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos-México-Pearson Education-2003-Octava edición-ISBN: 970-26-0436-2, 1040 páginas.

Coughlin Robert, Driscoll Frederick -Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales-México-Prentice Hall-1999-ISBN013-206541X, 518 páginas.

NTE Technical Guide and Cross reference,  
<http://www.nteinc.com/>



## MAPA DE RUIDO DEL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE CUENCA

**Delgado Omar, Martínez Julia**

Instituto de Estudios de Régimen Seccional  
del Ecuador -IERSE-, Decanato General de  
Investigaciones, Universidad del Azuay,  
Avda. 24 de Mayo N° 7-77

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

## Resumen

La Ilustre Municipalidad de Cuenca y la Universidad del Azuay suscribieron un convenio para la elaboración del mapa de ruido de la ciudad. La actividad metodológicamente partió de la determinación de los sitios de muestreo sobre la base de la densidad de tráfico, luego se sistematizó y evaluó la información levantada a través de la utilización del método estadístico “kriging ordinario”, con lo cual se elabora el mapa de ruido de la ciudad. Adicionalmente se realizaron comparaciones con los parámetros establecidos en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria –TULAS- para emisiones sonoras, evaluando el comportamiento de los mismos.

Los valores de las emisiones superan los límites del TULAS, este hecho está vinculado al incremento del número de vehículos que circulan por el centro de la ciudad, así como las actividades diarias cotidianas que involucran el comercio, el turismo.

**Palabras clave:** Mapa, ruido, kriging, ambiente, TULAS.

## NOISE MAP OF THE URBAN AREA OF THE CITY OF CUENCA

### Abstract

The Illustrious Municipality of the city of Cuenca and the *Universidad del Azuay* subscribed an agreement for the development of a noise map of the city. Methodologically, the activity started with the determination of the sample areas based on traffic density. Then, the information was systematized and evaluated through the use of “kriging ordinary” statistic method in order to develop the noise map of the city.

Additionally, comparisons with the parameters established in the Unified Text on Subsidiary Legislation of the Environment –TULAS- for sound emissions was developed, and the behavior of these sounds was evaluated.

The values of the emissions supersede the limits established by TULAS. This fact is linked with the increase in the number of vehicles that circulate in the city and with the daily activities that include commerce and tourism.

**Keywords:** Map, noise, kriging, environment, TULAS.

## 1 INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental, identificada como emisiones al aire, ha ido en incremento en la ciudad de Cuenca, por causas que se le atribuyen sobre todo al tráfico. De acuerdo con estudios realizados y datos levantados por la empresa EMOV EP de la Municipalidad de Cuenca, se estima que el parque automotor del cantón Cuenca al año 2009 ascendió a 101 128 unidades (EMOV EP, Inventario de emisiones atmosféricas, 2009, p 18).

Entre las emisiones al aire, está el ruido, del mismo se estima que el 70% de las emisiones sonoras provienen de los vehículos motorizados (Usbeth Platzer M, Medición de niveles de ruido ambiental en la ciudad de Chile, 2007), seguido por la industria, comercio, turismo, etc. Al ruido se lo ha considerado como un contaminante del ambiente y de la salud, ya que puede dañar el oído humano y afectar su estado psicológico, repercutiendo en el grado de confort de la ciudadanía y por ende en la calidad de vida.

Ante la problemática presentada, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca (GAD), a través de la Comisión de Gestión Ambiental – CGA-, emprende en la realización del proyecto de determinación del grado de contaminación sonora en la ciudad, para lo cual cuenta con la Universidad del Azuay, quien prepara una propuesta de Elaboración del Mapa de Ruido del área urbana de la ciudad de Cuenca, el mismo que se acuerda realizar a través de la suscripción de un Convenio que permita su ejecución.

## **2 OBJETIVOS**

El objetivo general es el de contar con información suficiente que permita conocer la realidad del ruido ambiental en el área urbana de Cuenca, para que, el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca pueda considerar y tomar las decisiones necesarias para el control de la contaminación acústica en la ciudad.

Los objetivos específicos son:

- Elaborar un mapa de ruido para el área urbana de la ciudad de Cuenca.
- Contar con un diagnóstico general con respecto a la contaminación acústica en Cuenca.

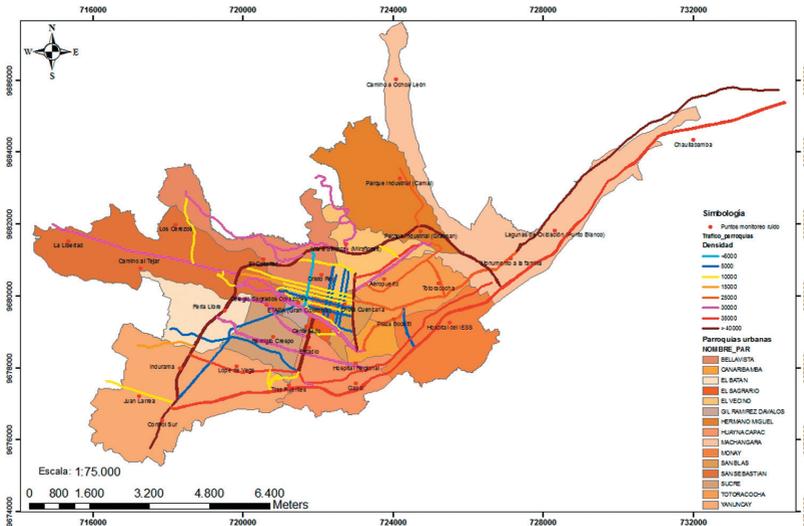
## **3 METODOLOGÍA**

### **3.1 Puntos de muestreo**

Se parte de la identificación de los puntos de muestreo, los cuales se establecieron sobre la base de la información de la densidad de tráfico existente en la ciudad, se tomaron en consideración factores como el tráfico vehicular, características físicas de las vías, seguridad de la zona para mantener los equipos e instrumental necesario para el levantamiento de datos, asimismo, se coordinó con el equipo técnico de la Comisión de Gestión Ambiental – CGA-, para establecer de manera conjunta los puntos de muestreo necesarios y que engloben o abarquen el área urbana de la ciudad.

## Mapa N° 1

Puntos de monitoreo de ruido - Densidad de tráfico



Elaborado por: Equipo técnico del IERSE – UDA

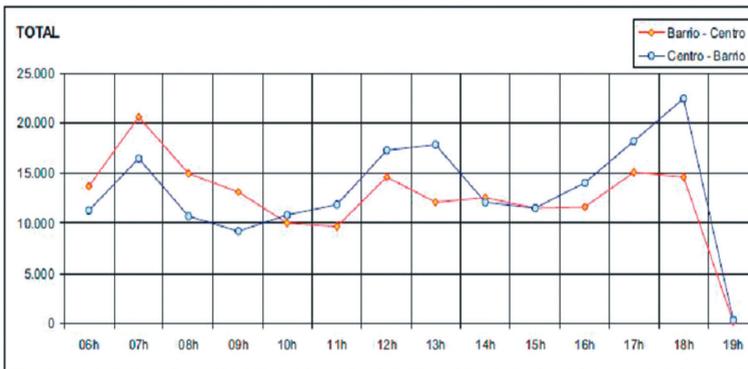
Para el área urbana de la ciudad de Cuenca se identificaron 30 puntos de muestreo, como se puede observar en el mapa anterior.



### 3.2 Características de la medición

**Determinación del horario.-** Sobre la base del estudio realizado para el Sistema Integrado de Transporte y que fuera realizado por la Unidad Municipal de Tránsito y Transporte (UMT) (PADECO 1999), en el cual se establecen las frecuencias de entrada y salida de la población hacia y fuera de la zona céntrica, se determinaron los puntos picos críticos en donde se presenta el mayor flujo tanto de personas como de vehículos, como se puede observar en el siguiente gráfico:

**Gráfico N° 1**  
**Frecuencia de entrada y de salida de la población desde y hacia la zona urbana de Cuenca**



Fuente: Estudio del Sistema Integrado de Transporte – UMT

De acuerdo al gráfico anterior, en el cual se determinaron los puntos picos de afluencia de personas y vehículos, se estableció el siguiente horario de levantamiento de datos:

**Cuadro N° 1**  
**Horario de muestreos**

N° de muestreos por punto	1	2	3	4	5	6
Horario	7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00

Elaborado por: Equipo técnico del IERSE - UDA

**Método de medición.-** En la legislación ecuatoriana se cuenta con el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS), en el Libro VI, Anexo V, en la cual se establecen los “Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas, fuentes móviles y para vibraciones”. Para las mediciones se siguieron las indicaciones establecidas en la citada norma y se realizaron durante treinta días, considerando un día por cada punto a levantar, incluidos los fines de semana y feriados. El período de toma de datos fue de 15 minutos en cada estación durante el horario indicado anteriormente (7h00 a 7h15, 10h00 a 10h15, 13h00 a 13h15, 15h00 a 15h15, 18h00 a 18h15 y 21h00 a 21h15).

**Datos obtenidos.-** Para cada punto de medición se registró el nivel de presión sonora promedio ( $L_{avg}$ ), el nivel de presión sonora máximo ( $L_{máx}$ ) y el nivel de presión sonora mínimo ( $L_{mín}$ ).

**Equipo utilizado.-** Para el levantamiento de datos se contó con el equipo proporcionado por la Comisión de

Gestión Ambiental de Cuenca – CGA-, el mismo que consta de:

- Sonómetro QUEST TECHNOLOGIES SERIAL N°. BKG030036
- Porta micrófono
- Micrófono
- Pantalla rompe vientos
- Tira sujetadora de sonómetro
- Memory stick de 2 GB marca Sandisk

### **3.3 Cartografía generada de base**

Como línea de base se partió de la generación de mapas temáticos para:

- Ubicación de los puntos de muestreo
- Límite urbano de la ciudad de Cuenca
- Parroquias urbanas de la ciudad
- Usos de suelo de la ciudad

El software utilizado fue ArcGIS 9.3, adicionalmente se creó una base de datos con la información de las emisiones de ruido que se levantaron en los distintos puntos de muestreo.

### **3.4 Métodos de interpolación**

Contando con la información levantada, para la generación del mapa de ruido se utilizaron las herramientas de análisis geoestadístico del software ArcGIS 9.3.

Se determinó sobre la base de la interpolación de los datos obtenidos en los monitoreos de ruido, el comportamiento e influencia que tienen las emisiones de ruido en el territorio

urbano de Cuenca. Para el efecto se utilizó el método geoestadístico “Kriging ordinario”.

**3.4.1 Kriging ordinario.-** Es un método basado en la auto correlación 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.

- **Predecir el ruido de un lugar con el método del kriging ordinario**

El modelo del kriging ordinario es:  $Z(s)=\mu+\varepsilon(s)$ . El modelo está basado en una media constante de los datos ( $\mu$ ), (variable estacionaria) que no tienen tendencia y en unos errores  $\varepsilon(s)$  con dependencia espacial. La predicción de un lugar es:

donde

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(s_i),$$

$\hat{Z}(s_0)$  es el valor pronosticado de un lugar,

$\lambda_i$  es un peso desconocido que tenemos que calcular para cada valor observado y

$z(s_i)$  es el valor observado en un lugar. El valor estimado se diferenciará lo menos posible del valor observado, esa diferencia se llama error de estimación. (Moreno 2010).

El procedimiento a seguir es:

### Paso 1: Cálculo de distancias

Calcular las distancias entre puntos usando la fórmula de la distancia euclidiana:

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

y la semivarianza empírica aplicando la fórmula:

$y = 0.5 * \text{promedio} [( \text{valor del lugar } i - \text{valor del lugar } j )^2]$ .  
(Moreno 2010).

### Paso 2:

Ajustar el modelo esférico al semivariograma empírico y así obtenemos el valor de la meseta (still) y del alcance (range) con los cuales podemos calcular los valores del semivariograma teórico. Este proceso lo hemos realizado mediante el Analista Geoestadístico, obteniendo los siguientes valores:  $\theta_s = 70.5$ ,  $\theta_r = 6000$ . Con ellos y aplicando la fórmula del modelo esférico donde se van calculando distintos valores de gamma para las diferentes distancias del semivariograma empírico, obtenemos los valores de semivariograma teórico. Así, construimos la matriz de los  $y$ .  $y_{ij}$  será la semivarianza teórica entre el punto  $i$  y el punto  $j$ .

La suma de los pesos sea igual

$$1: \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1.$$

Condición que luego deberá ser verificada.

### Paso 3: Obtención de la inversa de la matriz $\Gamma$

Para hallar los pesos  $\lambda_i$  hay que calcular la matriz inversa de la matriz  $\Gamma$ :

$$\Gamma * \lambda = g \quad \lambda = \Gamma^{-1} * g$$

La matriz inversa de una matriz  $A$ , es otra matriz  $A^{-1}$  de manera que  $A * A^{-1} = 1$  donde  $1$  es la matriz identidad (la diagonal principal son todo unos y el resto de elementos son ceros). Sólo tienen inversa las matrices que tienen determinante distinto de cero. Dada una matriz

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

el número  $a*d - b*c$ , a ella asociado recibe el nombre de determinante de  $A$  y se denota  $|A|$ . (Moreno 2010).

Para hallar la inversa de la matriz  $\Gamma$  (y de cualquier matriz) se siguen los siguientes pasos:

- a) Se calcula el determinante de la matriz (si éste fuera cero no hay inversa).
- b) Se calcula la matriz adjunta de la matriz  $\Gamma$

### Paso 4: Cálculo del vector $g$

Calcular el vector  $g$ . Hallamos la distancia entre los puntos vecinos que se hayan establecido y el punto que se va a interpolar (lo llamamos punto 0). Utilizaremos para ello la fórmula de la distancia euclidiana. Calculadas las distancias determinamos los valores de la semivarianza

teórica (valores de  $y$ ), correspondientes a estas distancias aplicando el ajuste del modelo esférico cuyos parámetros (meseta y alcance) hemos obtenido mediante el Analista Geoestadístico.

El 1 se añade de nuevo para verificar la condición de que

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1;$$

al multiplicar la matriz gamma por el vector de los pesos, el vector resultante tiene como último elemento

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i$$

que coincide con el último elemento del vector  $g$  que es 1, verificándose así la condición requerida.

#### Paso 5: Obtención de los pesos

Hallar los pesos:  $\lambda = \Gamma^{-1} * g$

Comprobamos que la suma de los pesos  $\lambda_i$ , es igual a 1:

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \dots + \lambda_n = 1$$

#### Paso 6: Realizar la predicción

Para ello aplicamos la fórmula  $\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i z(s_i)$ .

Siendo  $\hat{Z}(s_0)$  el valor de la predicción del punto;  $Z(S_j)$  es el valor de la predicción media anual en el punto  $i$ .

## 4 RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1 Diagnóstico de la situación actual

- **Zonificación según usos del suelo del TULAS**

En el Libro VI, Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS) se consideran seis tipos de zona según uso del suelo, para el establecimiento de límites permisibles de contaminación sonora. Las zonas contempladas son: zona hospitalaria y educativa, zona residencial, zona residencial mixta, zona comercial, zona comercial mixta y zona industrial. Los límites permisibles de acuerdo a la normativa nacional son los siguientes:

**Cuadro N° 2**  
**Límites permisibles según el TULAS**

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

Fuente. Texto unificado de legislación ambiental - TULAS

En el análisis se distinguen dos períodos de medición, el diurno que comprende el horario desde las 06h00 hasta las 20h00 horas y el nocturno que abarca el período desde las 20h00 a las 06h00 horas.

La ciudad de Cuenca ha sufrido cambios vertiginosos en los últimos años sin que esta particularidad se evidencie en reformas oportunas en las ordenanzas de uso y ocupación del suelo urbano.

Las ordenanzas que establecen las determinantes de suelo son construidas como parte de un modelo de ciudad a futuro, sin que ello signifique que durante el transcurso de su elaboración se consideren temas como: salud, dinámicas económicas, composición de la población, por citar algunos ejemplos. En este sentido, los puntos de monitoreo fueron clasificados considerando las posibles afecciones a la salud del conglomerado humano que habita la zona de estudio, los equipamientos emplazados en el sitio, la dinámica del entorno, y; como referencia, el uso de suelo vigente.

Con la información levantada en las inspecciones realizadas a los sitios de muestreo, al analizar las dinámicas propias de las zonas circundantes a los sitios de muestreo se ha asumido para el presente estudio la siguiente clasificación de las zonas, en función de lo estipulado en el Texto Unificado de Legislación Ambiental (TULAS).

### Cuadro N° 3 Zonificación de acuerdo al TULAS

N°	Punto medido (sector)	Clasificación según el TULAS
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
R_07	Chaulabamba	Residencial
R_08	Lagunas de oxigenación	Residencial
R_09	Monumento a la familia	Residencial
R_10	Graiman	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 al Tejar	Residencial mixta
R_16	Via a Sinincay (Miraflores)	Residencial
R_17	El Cebollar	Residencial
R_18	Hospital del IESS	Hospitalaria
R_19	Plaza Bocatti	Residencial mixta
R_20	Col. Sagrados Corazones	Educativa
R_21	Feria libre	Comercial mixta
R_22	Estación de servicio Trinita (Isabel La Católica)	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 Baños	Residencial
R_29	Bajada del Centenario	Comercial mixta
R_30	Totoracocha	Residencial

Elaborado por: Equipo técnico del IERSE - UDA

A continuación se detalla el análisis de la información obtenida en las distintas zonas de la ciudad y que fue levantada en el horario descrito anteriormente; por cada zona se presentan los valores obtenidos y el nivel sonoro en comparación con la normativa ambiental.

#### 4.1.1 Zona comercial

La zona comercial la integran los puntos localizados en los sectores: estadio, aeropuerto y el cenáculo, cercano al del edificio de ETAPA-EP, calle Gran Colombia y Tarqui.

**Cuadro N° 4**  
**Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido en zonas comerciales**

Código	Sector	Calle 1	Calle 2	Mediciones Lavg (dB)					
				7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_01	Estadio	Del Estadio	José Peralta	72,5	73,2	73,2	72,6	72,7	67,2
R_03	Aero-puerto	Av. España	Elia Liut	69	71,7	74,1	70,5	74,5	69,6
R_25	Cenáculo	Tarqui	Gran Colombia	74,1	69,8	72,2	68,4	69,3	66,6

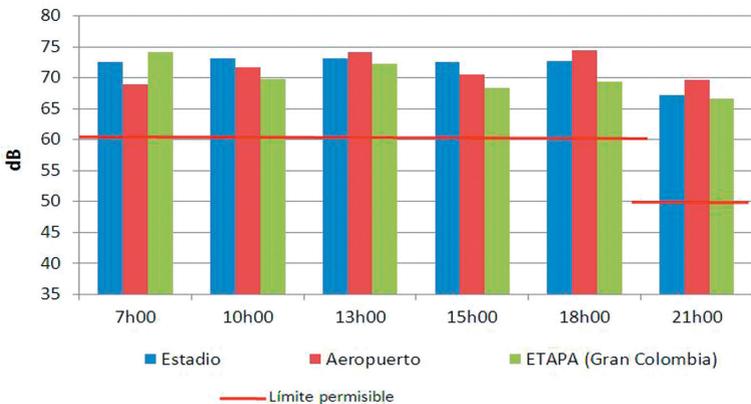
Fuente: Información generada en el proyecto

**Nivel de presión sonora.-** En relación con el período de medición diurno, ninguno de los sitios de monitoreo localizados en la zona comercial cumplieron con los límites estipulados en la norma técnica (véase gráfico correspondiente a la zona comercial).

El punto menos ruidoso en horas de la mañana fue el sector del aeropuerto, a pesar de que a esa hora la terminal aérea registra un importante movimiento. Esta situación cambia para las horas de la tarde, en donde se presentan los niveles de ruido más elevados respecto a los otros sectores evaluados (74,1 decibeles). El único punto de medición que mantiene niveles constantes de ruido durante el día fue el sector del estadio con un promedio de 72,84 decibeles. En esta misma zona, el horario de las 10h00 y 13h00 horas registran niveles iguales de ruido (73,2 decibeles).

Durante el día, el horario de las 13h00 horas fue el más ruidoso, registrando con 73,17 decibels en promedio. Durante el período nocturno, todos los sitios sobrepasaron el umbral señalado por la norma (50 dB) a pesar de la disminución significativa de tráfico vehicular en las zonas.

**Gráfico N° 2**  
**Presión sonora – Zona comercial**



#### 4.1.2 Zona comercial mixta

La zona comercial mixta la integran los puntos localizados en los sectores: feria libre, avenida Remigio Crespo, redondel de la Chola Cuencana y la bajada del Centenario (véase cuadro adjunto).

**Cuadro N° 5**  
**Valores (dB) promedio correspondientes a las**  
**mediciones de ruido**  
**en zonas comerciales mixtas**

Código	Sector	Calle 1	Calle 2	Mediciones Lavg (dB)					
				7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_05	Frutillados	Remigio Crespo	Ricardo Muñoz	71,9	72,2	72,4	72,3	76	70,6
R_21	Feria libre	Av. de las Américas	Remigio Crespo	74,5	74,6	73,1	72,3	72,9	71,4
R_27	Chola Cuencana	Av. Huayna Cápac, Av. España	Gaspar Sangurima	73	79,5	74	74,3	71,4	67,6
R_29	Bajada del Centenario	Calle Larga	Benigno Malo	75,2	74,2	74,4	73,5	74,3	66,1

Fuente: Información generada en el proyecto

**Nivel de presión sonora.-** La zona comercial mixta abarcó cuatro sitios de monitoreo y las mediciones fueron realizadas en horarios diurno y nocturno. En el período de medición diurno, ninguno de los sitios de monitoreo establecidos cumplen con la normativa de ruido (véase gráfico correspondiente a la zona comercial mixta).

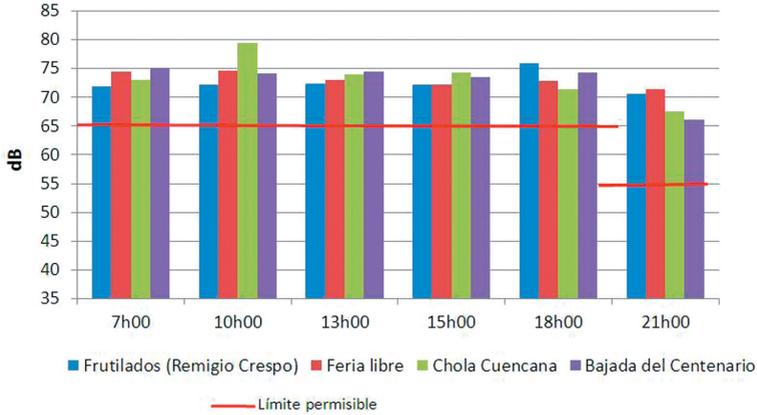
El sitio menos ruidoso en horas de la mañana lo constituyó la zona de la avenida Remigio Crespo, en tanto que el punto con mayor presión sonora fue el de la Chola Cuencana. Éste último llegó a registrar 79,5 decibels a las 10h00 horas, 14,5 decibels por encima del umbral permitido para este tipo de zonas (65 dB).

Debido a la dinámica del sector, la zona de la avenida Remigio Crespo (Frutillados) incrementa paulatinamente su presión sonora desde la mañana, llegando a registrar 76 decibels en horas de la tarde (18h00 horas). Esta particularidad solo se presenta en este sitio y en ese período de tiempo.

Producto de las mediciones diurnas, el sector de la Chola Cuencana registra la mayor presión sonora con 74,44 decibels promedio, seguida muy de cerca por el sector conocido con el nombre de la “Bajada del Centenario” con 74,32 decibels promedio durante el día. El horario de las 10h00 horas es considerado como el de mayor ruido con mediciones promedio de 75,13 decibels.

En relación con las mediciones nocturnas, todos los sitios monitoreados sobrepasan el límite de 55 decibels fijado en la normativa (TULAS). El sector de la feria libre registra los mayores valores de ruido urbano sobrepasando los 70 decibels y excediendo en 6,4 decibels el límite permitido (55 dB).

**Gráfico N° 3**



## Presión sonora – Zona comercial mixta

### 4.1.3 Zona educativa y hospitalaria

La zona educativa y hospitalaria la integran los puntos localizados en los sectores en donde se asientan equipamientos estratégicos como son: Hospital regional, hospital del IESS, colegio Sagrados Corazones y el sector de la gasolinera Trinití ubicada en la calle Lope de Vega.

## Cuadro N° 6

### Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido en zonas educativas y hospitalarias

Código	Sector	Calle 1	Calle 2	Mediciones Lavg (dB)					
				7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_06	Hospital regional	Paseo de los Cañaris	Pumapungo	66	66,8	66,5	67,4	73,2	64,2
R_18	Hospital del IESS	Circunvalación Norte	Monay -Paccha	74	71,9	77,9	72,7	72,2	74,8
R_20	Col. Sagrados Corazones	Paseo Tres de Noviembre	Simón Bolívar	78,2	75,2	75,3	73,1	77,3	77,3
R_22	Estación de servicio Trinití	Lope de Vega	Gaspar de Jovellanos	63,9	60,2	60,8	60,6	59,7	59,2

Fuente: Información generada en el proyecto

**Nivel de presión sonora.-** Para la zona educativa y hospitalaria se consideraron cuatro mediciones, de las cuales dos se localizan en áreas con infraestructura hospitalaria de gran afluencia. Ninguno de los cuatro sectores evaluados se ubicó dentro de lo establecido en la norma para el período diurno y nocturno (véase gráfico correspondiente a la zona educativa y hospitalaria).

El sector del hospital regional y el sector del colegio Sagrados Corazones demuestran interesantes similitudes, en ambos casos, están presentes infraestructuras educativas y equipamientos de salud. En ambos sitios se sobrepasa los límites de ruido permitidos. En las primeras

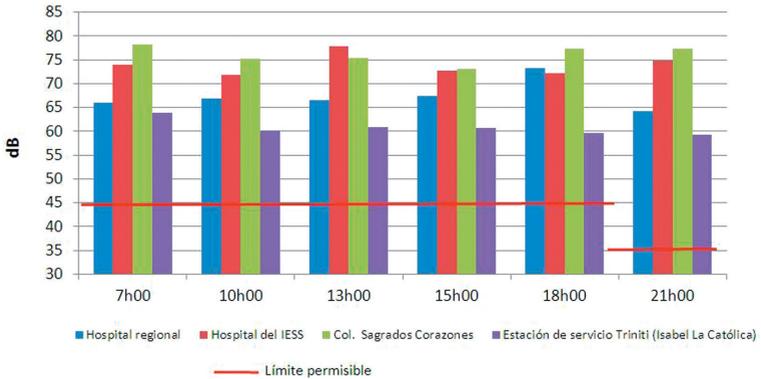
horas de la mañana (7h00), el sector del colegio Sagrados Corazones registró los mayores valores de ruido ambiental (78,2 decibeles) en relación con el resto de puntos, presumiblemente por el ingreso de los estudiantes a este establecimiento educativo.

El comportamiento del ruido en el sector del hospital regional se mantiene constante durante la mañana siendo en horas de la tarde en donde se incrementan los niveles sonoros, llegando a registrar hasta 73,2 decibeles, 28,2 decibeles sobre el límite estipulado en la normativa (45 dB).

Como resultado de las mediciones diurnas, el sector del colegio Sagrados Corazones se presenta como el más ruidoso con 75,82 decibeles promedio durante el día. El sector de la estación de servicio Trinita refleja los niveles de ruido más bajos, en promedio, 61,04dB durante el día.

En el período nocturno la situación lejos de mejorar se agrava pues en el punto del colegio Sagrados Corazones se sobrepasa la normativa con 42,3 decibeles. Similar situación se observa en el sector del hospital del IESS en donde los valores medidos sobrepasan en 39,8 decibeles el límite estipulado en el TULAS de 35 decibeles.

**Gráfico N° 4**  
**Presión sonora – Zona hospitalaria y educativa**



#### 4.1.4 Zona industrial

La zona industrial la integran los puntos localizados en los sectores: parque industrial (Graiman), el camal y los Cerezos Alto (véase cuadro adjunto). Si bien los Cerezos es considerado dentro del estudio como una zona industrial mixta, para fines del diagnóstico se la considera como industrial.

**Cuadro N° 7**  
**Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido en zonas industriales**

Código	Sector	Calle 1	Calle 2	Mediciones Lavg (dB)					
				7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_10	Graiman	Octavio Chacón	Carlos Tosi Siri	75,4	75,5	73,2	77	72,9	71,7
R_11	Camal	Camino Ochoa León		55,3	56,7	69,9	62,1	61,8	62,8
R_14	Los Cerezos Alto	De los Cerezos		70,2	62,3	70,8	76,3	72,5	64

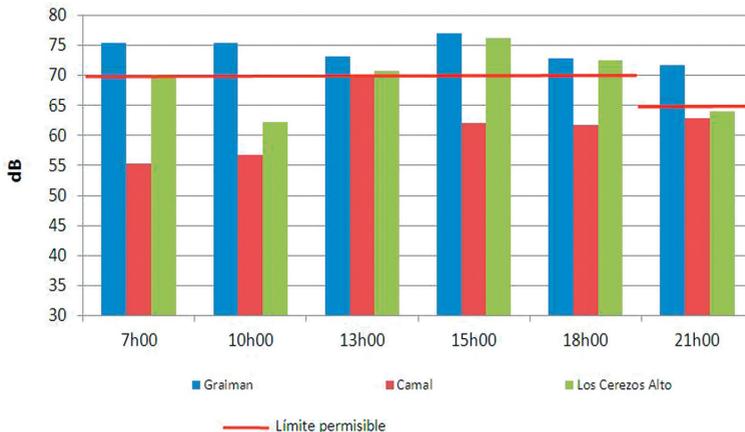
Fuente: Información generada en el proyecto

**Nivel de presión sonora.-** La zona industrial contempló tres sitios de monitoreo abarcando horarios diurnos y nocturnos de medición.

En general el nivel sonoro de la zona industrial se podría considerar como aceptable (véase gráfico correspondiente a la zona industrial). El único lugar que no sobrepasó los niveles permitidos en el período diurno (70 dB) ni nocturno (65 dB) fue el sector del Camal.

La zona en donde se emplaza Cerámicas Graiman es el lugar más ruidoso de los sitios evaluados, registrando un promedio de 74,28 decibeles en las seis mediciones. En este mismo punto, las 15h00 horas registran el nivel de ruido más alto con 77 decibeles.

**Gráfico N° 5**  
**Presión sonora – Zona industrial**



#### 4.1.5 Zona residencial

La zona residencial la integran los puntos localizados en los sectores: Chaullabamba, Lagunas de oxigenación de ETAPA, monumento a la familia, Miraflores, El Cebollar, Cristo Rey, vía a Baños, Totoracocha y camino a Ochoa León.

**Cuadro N° 8**  
**Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido en zonas residenciales**

Código	Sector	Calle 1	Calle 2	Mediciones Lavg (dB)					
				7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_07	Chaullabamba	Autopista Cuenca Azogues	Triángulo de Challuabamba	77,4	72,6	75,3	75,1	72,9	70,6
R_08	Lagunas de oxigenación	Camino a Paccha	Ucubamba	80,7	77,1	76,5	76,8	76,5	74,9
R_09	Monumento a la familia	Av. González Suarez	Panamericana Norte	72,5	75,3	71	70,2	72,3	60,3
R_12	Camino a Ochoa León	Camino a Ochoa León	Vía a Checa	36,6	55,6	45,9	57,1	49,8	49,7
R_16	Vía a Sinincay (Miraflores)	Julio Jaramillo	Vía a Sinincay	74,1	68,8	62,9	63,6	65,6	67,4
R_17	El Cebollar	Av. del Chofer	Av. Abelardo J. Andrade	69,4	72,2	76,2	72,5	73,6	55,5
R_26	Cristo Rey	Luis Cordero	Juan de Salinas	67,4	67,3	67,4	61	65,3	56,5
R_28	Vía Baños	Juan Larrea Guerrero	Mariano Villalobos	63,8	64	57,6	65,9	55,9	48,1
R_30	Totoracocha	Totoracocha	Av. del Cóndor	65,6	65,6	64,1	67,9	66,8	64

*Fuente: Información generada en el proyecto*

**Nivel de presión sonora.-** La zona residencial abarcó nueve sitios de monitoreo con mediciones realizadas en horarios diurno y nocturno, la mayoría de los sitios

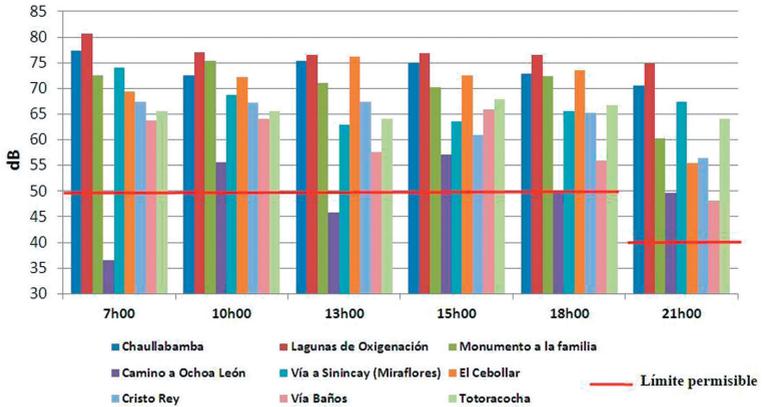
evaluados no cumplen con los límites de ruido establecidos en la normativa, únicamente el sector de Ochoa León presenta tres de las seis mediciones por debajo del umbral de los 50 decibeles, para el período diurno y 40 decibeles para el nocturno (véase gráfico correspondiente a la zona residencial).

El sitio que reportó el mayor nivel de ruido en todos los horarios de medición fue el punto localizado en las lagunas de oxigenación de ETAPA-EP, con un promedio general de 77,08 decibeles, 27,08 decibeles por encima de la norma.

Otro de los puntos que llama la atención y que registra elevados niveles de ruido es el sector de Chaullabamba, con 74,66 decibeles promedio durante el día. A pesar de que el sitio cuenta con amplios espacios abiertos que en teoría ayudarían a disminuir los niveles de presión sonora, es uno de los más elevados, lo que indica que la zona está sometida a una fuerte presión sonora. Se evidencia la necesidad de analizar más detenidamente las posibles fuentes de ruido, fijas y móviles.

El sitio con menores niveles de ruido registrado durante el día fue el sector de Ochoa León con un promedio de 49 decibels; el horario de las 7h00 es el que registra el menor valor con 36,6 decibels. Para el período nocturno, este punto también registra los niveles más bajos con 49,7 decibeles. A pesar de estar sometidos a la dinámica urbana y los niveles de presión sonora urbana, los sectores de Miraflores, el Cebollar y Cristo Rey presentan niveles de ruido inferiores a los registrados en los puntos de Chaullabamba y las lagunas de oxigenación, considerados como puntos en áreas periféricas y de espacios abiertos.

**Gráfico N° 6**  
**Presión sonora – Zona residencial**



El punto que mayor ruido registra en el horario nocturno fue el de las lagunas de oxigenación con 74,9 decibeles, 24,9 decibeles por encima del límite establecido en el TULAS. Este valor se considera sumamente elevado en relación con las mediciones registradas en los otros puntos.

#### 4.1.6 Zona residencial mixta

La zona residencial mixta la integran los puntos localizados en los sectores: Galpal, Tres Puentes, La Libertad, Camino al Tejar, Plaza Bocatti, Control Sur e Indurama (véase cuadro adjunto).

## Cuadro N° 9

### Valores (dB) promedio correspondientes a las mediciones de ruido en zonas residenciales mixtas

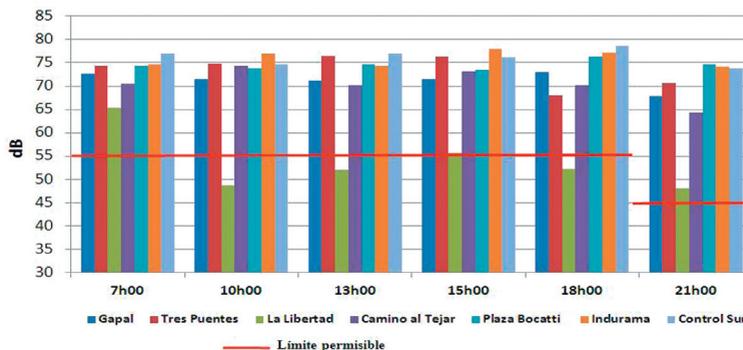
Código	Sector	Calle 1	Calle 2	Mediciones Lavg (dB)					
				7h00	10h00	13h00	15h00	18h00	21h00
R_02	Gapal	Av. 24 de mayo	Las Herrerías	72,7	71,5	71,1	71,5	73	67,9
R_04	Tres Puentes	Primero de Mayo	Fray Vicente Solano	74,3	74,8	76,5	76,3	68	70,7
R_13	La Libertad	Av. Ordóñez Lazo	Río Culebrillas	65,4	48,7	52	55,7	52,3	48
R_15	Camino al Tejar	Av. Ordóñez Lazo	Camino al Tejar	70,5	74,3	70,2	73,1	70,2	64,3
R_19	Plaza Bocatti	Paseo de los Cañaris	González Suárez	74,3	73,9	74,6	73,5	76,3	74,7
R_23	Indurama	Av. de las Américas	Don Bosco	74,6	76,9	74,3	78	77,2	74,2
R_24	Control Sur	Av. de las Américas	Circunvalación Sur	77	74,6	76,9	76,1	78,7	73,9

*Fuente: Información generada en el proyecto*

**Nivel de presión sonora.**- La zona residencial mixta abarcó cuatro sitios de monitoreo con mediciones realizadas en horarios diurno y nocturno.

### Gráfico N° 7

#### Presión sonora – Zona residencial mixta



Casi todos los sitios evaluados no cumplen con los límites de ruido establecidos, únicamente el sector La Libertad presenta cuatro de las seis mediciones por debajo del umbral de los 55 decibeles para el período diurno y 45 decibeles para el nocturno (véase gráfico correspondiente a la zona residencial mixta).

En promedio, el horario que denota mayor presión sonora es el de las 7h00 horas, registrando valores de 72,7 decibeles, 17,7 decibeles por encima de lo estipulado en la normativa (55 dB). Los horarios de las 7h00 y 15h00 horas presentan en promedio niveles de ruido similares con más de 72 decibeles en ambos casos.

El sector de los Tres Puentes soporta un nivel de ruido promedio de 73,43 decibeles, superando en 18,43 decibeles el límite establecido. Esta situación estaría influenciada en gran manera por los cuellos de botella vehiculares que se generan en el sector sobre todo durante el día.

**Resumen.-** *Se puede observar que en los distintos puntos muestreados, ya sea con la zonificación realizada que tomó como base la ordenanza de uso y ocupación del suelo, así como la que incorpora además criterios de las dinámicas de cada sector, sobre la base de inspecciones realizadas, indican emisiones sonoras elevadas, que por lo general están sobre la norma establecida por el Texto Unificado de Legislación Ambiental.*

## 4.2 Resultados del método de interpolación

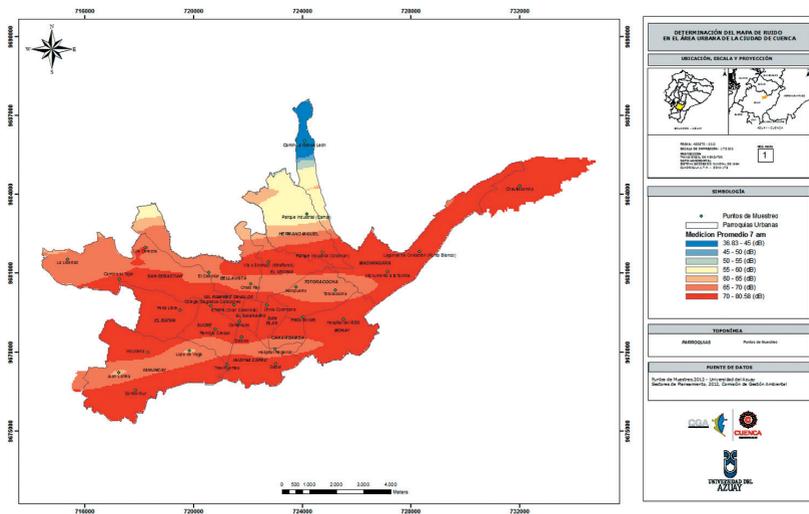
Con la información levantada y posteriormente sistematizada se realizaron las interpolaciones correspondientes, aplicando el método geostadístico denominado “Kriging”, cuyo procedimiento de aplicación fue descrito en un acápite anterior.

## 4.2.1 Mapas generados

Los mapas generados con la utilización del Kriging en seis horarios: 7h00, 10h00, 13h00, 15h00, 18h00 y 21h00, son los siguientes:

### Mapa N° 3

Medición de ruido en horario 7:00

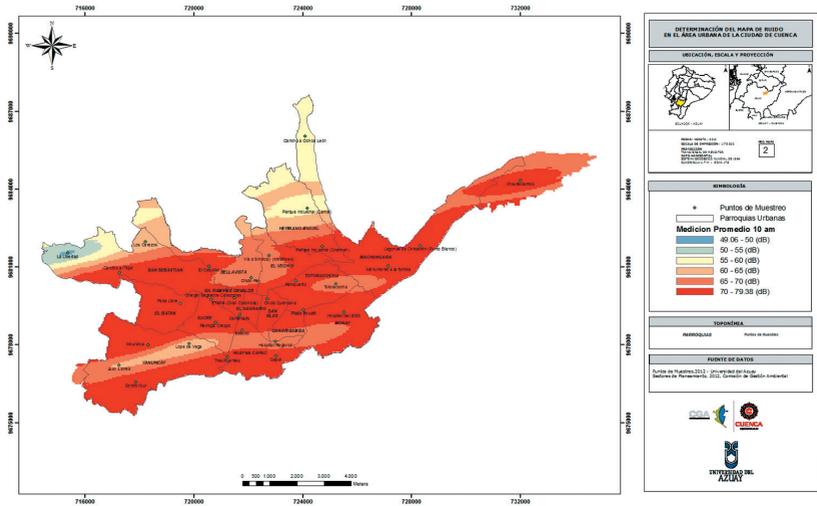


Elaborado por el equipo técnico del IERSE - UDA

En el horario de las 7h00, en la ciudad de Cuenca se presentan emisiones sonoras que van desde un mínimo de 36,83 dB a un máximo de 80,58 dB.

## Mapa N° 4

### Medición de ruido en horario 10:00

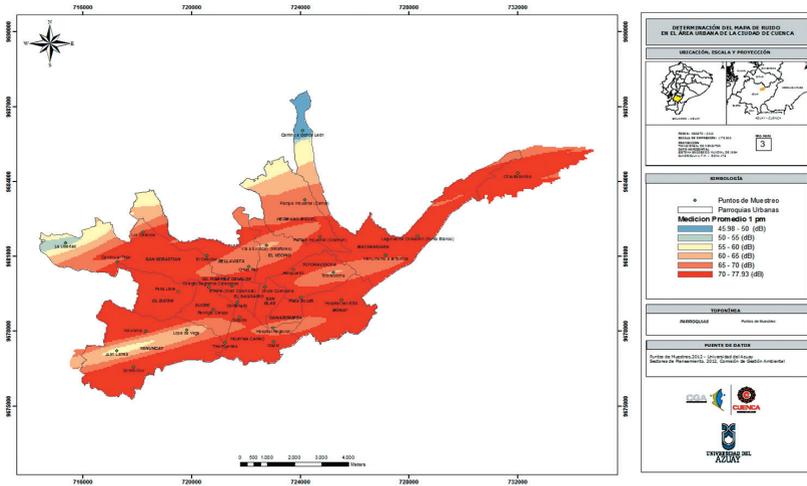


Elaborado por el equipo técnico del IERSE - UDA

En el horario de las 10h00 el mínimo valor de emisión está por el orden de los 49,06 dB y un máximo de 79,38 dB.

## Mapa N° 5

### Medición de ruido en horario 13:00



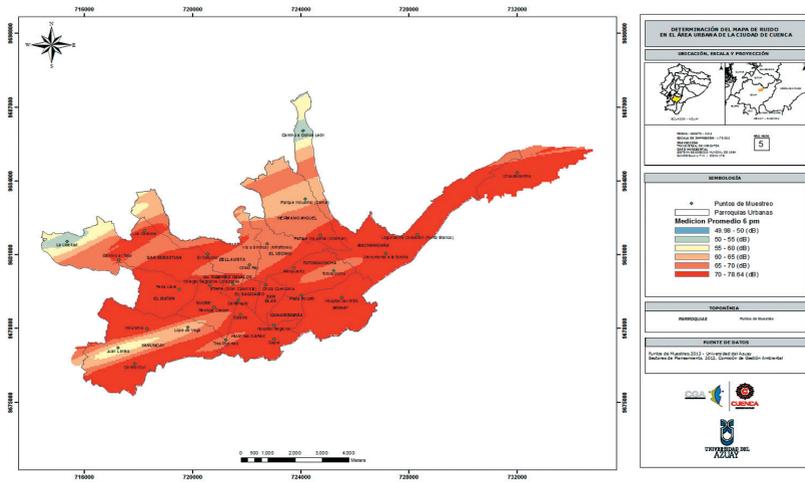
Elaborado por el equipo técnico del IERSE – UDA

En el presente mapa se representan los valores mínimos en color azul con (45,98 dB) en tanto que se presenta un máximo en color rojo que llega a (77,93 db).



## Mapa N° 7

### Medición de ruido en horario 18:00

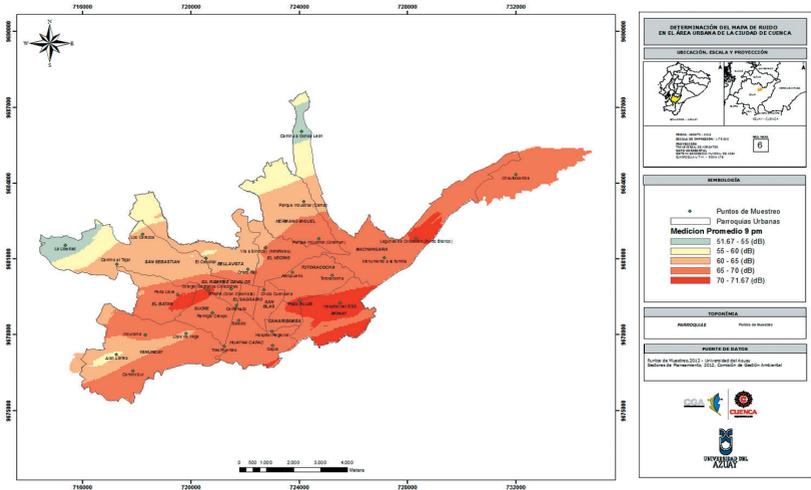


Elaborado por el equipo técnico del IERSE - UDA

Para las 18h00 la emisión sonora varía desde un mínimo de 49,98 dB, hasta un máximo de 78,64 dB.

## Mapa N° 8

### Medición de ruido en horario 21:00



Elaborado por el equipo técnico del IERSE - UDA

En el horario de las 21h00, la emisión sonora mínima es de 51,67 dB hasta un máximo de 71,67 dB.

En los mapas generados se pueden observar los niveles de contaminación sonora que se presenta en la Ciudad, en los horarios comprendidos entre las 7h00 y las 18h00, existen emisiones altas de ruido en todo el centro urbano de la ciudad; en tanto que a las 21h00, éstas bajan, sin embargo zonas como la de las lagunas de oxigenación de ETAPA, el sector del redondel de la Av. Paseo de los Cañaris y Max Uhle, el sector de Indurama mantienen emisiones por sobre la norma del TULAS, durante todo el día.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Cuenca a través de la Comisión de Gestión Ambiental necesita contar con información que demuestre el grado de contaminación acústica existente en el área urbana de Cuenca, para lo cual se ha partido de la determinación de sitios de mayor conflictividad en relación con la presencia de tráfico vehicular, lo cual combinado a la presencia de industria, comercio, vivienda, han dado lugar a establecer de manera estadística la existencia de emisiones sonoras.

Se determinaron 30 puntos de monitoreo que formaron una red que cubre el área urbana de Cuenca, en estos puntos se realizaron los muestreos correspondientes. Se tomó como referencia para comparar los límites de las emisiones, la ley existente a nivel nacional como es el Texto Unificado de Legislación Ambiental. Los valores levantados obtenidos in situ, de acuerdo con su ubicación y uso de suelo demuestran que las emisiones de ruido, están sobre las normas en la mayor parte de los puntos analizados tanto en el día como en la noche, lo cual es un indicador que requiere especial atención e intervención con el propósito de disminuir o controlar para que estas emisiones no sigan subiendo.

Se debe dejar constancia que por motivos del presente estudio, los puntos determinados fueron en vías principales, en donde existe la presencia de un tráfico alto, en tanto que queda pendiente realizar estudios en vías secundarias con menor afluencia vehicular.

En relación al método utilizado para el modelamiento se utilizó el denominado método **Kriging ordinario**, el cual está basado en auto correlación espacial de las variables. El Kriging es un estimador lineal insesgado que busca generar superficies continuas a partir de puntos discretos, el mismo 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. (Moreno 2010).

Del modelamiento realizado se han podido localizar los sitios en donde se presenta una mayor presión sonora a lo largo del día, observándose manifestaciones permanentes en sitios como son: autopista Cuenca–Azogues, control sur, sector de Indurama. En los restantes sitios la manifestación sonora varía de media a alta, determinándose que las emisiones de ruido son estables en la ciudad a lo largo de todo el día.

El 99% de los puntos no cumplen o cumplen parcialmente los límites permisibles de ruido ambiental establecido en el TULAS. La presión sonora sobre zonas escolares y hospitalarias según los datos del estudio es alarmante y sugiere la necesidad de plantear políticas que logren revertir esta situación.

Los niveles de ruido percibidos en sectores residenciales son igualmente preocupantes según la norma del TULAS, sobre todo si las zonas son consideradas como de reposo y descanso para las personas. Las dinámicas comerciales y la infraestructura presente en cada sector estarían influenciando de manera significativa en los niveles sonoros en cada punto.

## 5.2 Recomendaciones

Organizar el transporte público en la ciudad, para lo cual se deberá diseñar un sistema de movilidad pública que garantice la disminución de emisiones sonoras, producto de la circulación vehicular, así como el planteamiento de políticas de movilidad, tomando como base el mapa de ruido generado.

Promover un programa de educación vial para los transportistas y los usuarios, de tal manera que se optimice el uso de las paradas.

Se recomienda tomar en consideración la importancia de la valoración del ruido en los procesos de planificación urbana, la necesidad de incrementar los espacios verdes y masas arbóreas como barreras naturales que mitiguen la contaminación acústica, asimismo incluir en los diseños de las vías a las ciclovías que llevarían a contar con un tipo de movilidad alternativa sin contaminación.

Educar a los propietarios de comercios y a los conductores de vehículos particulares, en el uso de equipos sonoros y bocinas.

Controlar las emisiones generadas por los establecimientos comerciales e industriales, para que sobre la base de tecnologías disminuyan la contaminación de ruido.

La Comisión de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Cuenca al contar con la información del mapa de ruido y una vez que se implemente la propuesta de monitoreo permanente podrá emprender en estudios complementarios que relacionen las emisiones sonoras

con la salud de la población, con la densidad del tráfico vehicular, etc.

Asimismo deberá emprender en la realización de mediciones periódicas en otros puntos de monitoreo, en donde las densidades de tráfico sean menores, a fin de establecer comparaciones y tendencias.

Elaborar una normativa local sobre las emisiones de ruido, que garantice la paz pública y la salud de la población, siendo necesario también realizar una revisión de la normativa nacional TULAS, a fin de establecer los límites de las emisiones sonoras de acuerdo a cada territorio y sobre todo tomando en consideración las dinámicas de cada población o asentamiento humano. La normativa local permitirá realizar una mejor correspondencia entre los usos de suelo evaluados en el TULAS y el uso y ocupación del suelo regulado vía ordenanza local.

Con el propósito de mejorar la calidad de los monitoreos es necesario realizar labores de reconocimiento de la zona a levantar. Esta rutina contempla la observación de particularidades locales como rutina de la gente, flujos comerciales, fuentes potenciales de ruido y tipo de ruido a ser percibido. Los trabajos emergentes realizados sobre las vías podrían alterar las mediciones de la zona evaluada por lo que se deberá tomar las mediciones a una distancia adecuada del foco principal de ruido o redistribuir el itinerario en caso de ser factible.

El número de mediciones necesarias en un punto variará en función del tipo de ruido presente en la zona y las condiciones ambientales del lugar. Si el ruido es fluctuante la mayor parte del tiempo (presencia de ruidos esporádicos

o silbido del viento por ejemplo), el tiempo de estabilización del equipo será mayor. De igual manera, si existen ruidos esporádicos fuertes como el paso de una ambulancia o un accidente de tránsito, será necesario volver a medir el sitio.

Es indispensable mejorar el control y cumplimiento de la ordenanza que regula y controla la ocupación de las vías públicas por los vehículos motorizados dentro del cantón Cuenca y el funcionamiento del Sistema de Estacionamiento Rotativo Tarifado y el parqueo indebido (SERT), parte de los problemas de ruido están ligados al embotellamiento vehicular de ciertas zonas producto de la carga y descarga de vehículos fuera del horario permitido.

Si bien la ley de tránsito y transporte en el capítulo V. Art. 191, fija los límites de velocidad urbanos para transporte liviano, público y de carga, no fue sino hasta el 25 de julio de 2012 que el reglamento general para su cumplimiento fue aprobado. Por esta razón es imperativo que los futuros análisis de ruido urbano tengan en cuenta esta consideración sobre todo si se compara con monitoreos anteriores a esa fecha.

Se recomienda tomar en consideración la importancia de la valoración del ruido en los procesos de planificación urbana, la necesidad de incrementar los espacios verdes y masas arbóreas como barreras naturales contra la contaminación acústica.

### **Agradecimiento:**

Especial reconocimiento a los siguientes profesionales: Ing. Nathaly Cedillo, Ing. Esteban Balarezo, Ing. Chester Sellers que formaron parte del equipo técnico que elaboró el presente proyecto.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI Anexo 5 De la Calidad Ambiental. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental* (pág. 13). Quito.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). OMS. Recuperado 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. *Otorrinolaringología*(67), 122-128.
- Fundación Natura; CUENCAIRE; Comisión de Gestión Ambiental;. (2009). *Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca, año base 2007*. Técnico, Ilustre Municipalidad de Cuenca, Cuenca.
- González, A. E., Gaja, E., Jorysz, A., & Torres, G. (2000). Monitoreo de ruido urbano: determinación del tiempo mínimo de muestreo en la ciudad de Montevideo, Uruguay. *Acústica*, 6.
- 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.
- Londoño, C. A. (2009). Diseño de la red de vigilancia de ruido para los municipios que conforman el área metropolitana del valle de Aburrá. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 22-38.

- Ministerio del Ambiente. (2003). Libro VI Anexo 5 De la Calidad Ambiental. En *Texto Unificado de Legislación Ambiental* (pág. 13). Quito.
- Morán, C. J. (2009). Convivencia sustentable en zonas urbanas. En C. I. Quito, & C. J. Morán (Ed.), *Quito, desarrollo para la gente* (págs. 67-101). Quito: Instituto de la Ciudad.
- Organización Mundial de la Salud. (2012). OMS. Recuperado el 29 de 06 de 2012, de <http://who.int/es/>
- Moreno, Jiménez; (2010). Sistemas de análisis de la información geográfica; Madrid, Editorial RAMA.
- Platzer, L., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad. *Otorrinolaringología*(67), 122-128.
- 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.



# ***Callejero de Cuenca: Desarrollo, implementación y publicación de un sistema geográfico para la gestión vial y el control urbano del cantón Cuenca***

**Sellers Chester<sup>1</sup>; Pacheco Diego<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidad del Azuay; Decanato General de Investigaciones; Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador – IERSE; Av. 24 de Mayo 7-77, Cuenca, Ecuador

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

## Resumen

La ciudad de Cuenca, a través de sus instituciones públicas y privadas, ha generado gran cantidad de información vial, no consistente. Además de que para acceder a ella se deben cumplir muchos trámites políticos que terminan por desmotivar a los usuarios.

Nos hemos planteado generar una línea base cartográfica de vialidad que sirva a todo el público en general, para uso personal, en proyectos sean o no turísticos, de optimización de rutas o gestión vial. Esta información se encuentra liberada de forma gratuita y accesible a través de Internet en el portal web: <http://gis.uazuay.edu.ec/callejero/>

Partiendo de varias fuentes de cartografía vial base que disponía la universidad como: Instituto Geográfico Militar (IGM), Senplades, OpenStreetMap (OSM), etc., se completó y depuró un mapa base de la vialidad del cantón. A partir de esto se procedió a completar la base cartográfica aplicando metodología de levantamiento quinético GPS para recolectar información de las vías faltantes, además de realizar una validación en campo de la información ya generada.

De todas estas fuentes se seleccionó y depuró la información de mejor calidad, dicha información se cargó en el portal de OpenStreetMap de tal forma que todo el mundo y no solo los que accedan al sitio del proyecto, puedan disponer de ella e ir la ampliando y mejorando.

De la información que se aportó a OpenStreetMap y luego de un período de prueba y evaluación de funcionamiento, se descargó el área perteneciente al cantón Cuenca y se estableció la plataforma base cartográfica para poder

realizar las conversiones a diferentes formatos como: shp, osm, servicio WMS, mapa ruteable para gps marca Garmin y los códigos fuentes para generar los mapas ruteables, fundamentalmente este paso se lo realizó para generar archivos que sean compatibles con la mayor cantidad posible de dispositivos móviles y fijos.

Luego se implementó, dentro del servidor de la Universidad del Azuay y de la infraestructura de datos espaciales, una página web con sus respectivos visualizadores y accesos necesarios para la gestión integral de la información cartográfica vial del cantón.

El resultado fue una página web que alberga una herramienta propia de ruteo basada en el api de Cloudmade, Mapserver, además del cliente ligero MSCross para visualización de la cartografía. También incluye un sitio de descarga de información cartográfica y el acceso a otras herramientas libres de ruteo de diferentes empresas.

Al tener esta información al alcance de todos podemos dar lineamientos de cómo se puede aportar a este proyecto y en general a OpenStreetMap, se garantiza que este no será un proyecto estático con todos los problemas que esto conlleva: falta de actualización de datos, abandono de los usuarios por datos no fiables en el tiempo, etc., sino más bien establecer la base de un sistema amigable, dinámico y sostenible en el tiempo, que mantenga a este callejero vial con gran cantidad de información actualizada de calidad y por sobre todo de acceso libre.

**Palabras clave:** WMs, Api Cloudmade, ruteo, Mscross, OpenLayers, Garmin, Openstreetmap, Tráfico vehicular de Waze, gestión vial

## Abstract

The city of Cuenca, through its public and private institutions, has generated lots of traffic information, not consistent. In addition to this, accessing it must meet many political steps that ultimately discourage users.

We have proposed generating a baseline map of roads to serve the public in general, personal use, or non-tourist projects, route optimization and road management. This information is released and available for free over the Internet at the web site: <http://gis.uazuay.edu.ec/callejero/>

Using various sources cartographic road maps available or at reach of the university as: Military Geographic Institute (IGM), Senplades, OpenStreetMap (OSM), etc., This information was completed and debugged generating a road base map of the canton Cuenca. From this point we proceeded to complete the base map using kinetic GPS survey methodology to collect pathways missing for information, in addition to field validation of the information already generated.

From all these sources information was then selected and purged to gather the very best information, that information is uploaded into the OpenStreetMap portal so that everyone can use it, not just those entering the project site, and this way it may be expanded and improved by other users .

From the information provided, uploaded to OpenStreetMap and after a period of testing and performance evaluation, the area belonging to the canton of Cuenca was downloaded and established as cartographic base platform to perform

conversions to different formats like: shp, osm, WMS services, routable map formats for Garmin GPS, also source codes to generate routable maps basically what this step involved was to generate files that are compatible with the widest possible set of mobiles and fixed devices.

Then all this information was implemented within the server of the University of Azuay and its spatial data infrastructure, in the website with their displays and accesses needed for the comprehensive management of the county's road map information.

The result was a web page that contains a tool that is based on the routing API Cloudmade, Mapserver, and a thin client for viewing MSCross mapping. It also includes a map download site, information and access to other free routing tools from different companies.

By having this information available to everyone we can provide guidance on how you can contribute to the project OpenStreetMap and generally ensures that this will not be a static project with all the problems this entails: lack of updated data, abandonment of users by unreliable data and more, but rather to establish the basis of a friendly, dynamic and sustainable over time, to keep this street map with lots of updated information and overall quality information that is accessible and free.

**Key words:** Wms, api cloudmade, routing, Mscross, Openlayers, Garmin, Openstreetmap, Waze vehicle traffic, road management

## INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Cuenca cada día es notorio el aumento del parque automotor lo que genera a un grave problema de congestión vehicular. A esto contribuye el cierre de vías por mejoras en la ciudad. Estas circunstancias han provocado un malestar general a todos los usuarios de sistemas públicos y privados de transporte, aumentando los problemas que implican estas circunstancias: aumento de la contaminación, estrés tanto de las personas en vehículos como de los peatones, repercutiendo de forma económica, social y ambiental en el cantón Cuenca.

Con los cierres de vías es común tener que desviarse por sectores en los cuales nunca hemos conducido, esto y otros eventos generan la necesidad de contar con la información vial de buena calidad, fiable, actualizada y depurada del cantón.

Al contar con estos datos los dispositivos móviles como celulares, GPS, Tablets, PDA's dan alternativas de navegación además de brindar una herramienta de fácil uso para poder generar rutas alternas a un destino ingresado o viceversa, poder regresar a un punto de origen.

Un proyecto interesante es OpenStreetMap el cual busca generar un mapa vial mundial a través de aportes hechos por usuarios que usan las capturas de datos de GPS para cargar esta información y digitalizarla en este portal. Utilizando está metodología y forma de trabajo se ha puesto en funcionamiento en la plataforma de la Universidad del Azuay una página web con la información cartográfica

vial actualizada y depurada a nivel 2, lo que representa vías principales y secundarias en diferentes formatos para su descarga. Esta página también tiene accesos a los diferentes portales que manejan información cartográfica vial.

Este visualizador está construido utilizando el cliente ligero MSCross con una conexión a geodatabase Postgres, dentro de este visualizador se puede presentar como fondo cartográfico el mapa de iluminación del cantón, o se pueden utilizar las imágenes Ikonos de los años 2008-2009 con una resolución espacial de 5 metros, sobre estas capas se pueden incluir las capas de ríos, predios y manzanas. La capa principal de vías del cantón se encuentra a una escala de visualización de 1:5000. Toda la información que se encuentra en el servidor es consultable y consumible vía un servicio WMS desde clientes ligeros o pesados.

Dentro del cliente ligero se introdujo un aplicativo de nombre CloudeMade que es un API que consume la información para el ruteo de OpenStreetMap para la generación de rutas rápidas según el tipo de medio de transporte que para el caso fueron: vehículo motorizado, bicicleta y a pie. Además de esto se presenta un aplicativo para la búsqueda de coordenadas específicas ya que en la actualidad hay gran cantidad de usuarios familiarizados con el uso de GPS y manejo de coordenadas; también se cuenta con una ventana de sincronización con GoogleMaps. Asimismo en la página consta un aplicativo de Meteored que es un API de reporte climático. Para finalizar se presenta la reportería del tráfico vehicular en tiempo real utilizando Waze y Twitter.

Otro servicio que se presenta dentro de la página es la generación de mapas ruteables en base a la información proporcionada por los usuarios. Esto se da gracias a la adquisición de las licencias necesarias por parte de la Universidad.

Otro aspecto importante es que dentro del geoportal del proyecto Callejero existe documentación, video tutoriales, ejemplos para usuarios expertos y principiantes, además de recomendaciones de usos y potencialidades que se pueden lograr con el correcto manejo y procesamiento de la información cartográfica vial. También se incluyó una sección de descarga de software que incluye Mapedit, Cgpsmapper, Osm a Map, que son de utilidad para los usuarios más especializados.

## MÉTODO

Usando el software Arcgis 9.3 se procedió a realizar una revisión de la cartografía vial existente de diferentes fuentes como el Instituto Geográfico Militar, Senplades, Odeplan, etc., esto con la finalidad de seleccionar aquella de mejor calidad y a una escala que brinde mayor detalle. A partir de estas fuentes se procedió a unificar los datos de mejor calidad en el portal de OpenStreetMap, para ello se tuvo que convertir los datos vectoriales en archivos GPX, que pueden ser cargados en OSM como una capa por el aplicativo JOSM (Editor Java de OpenStreetMap), herramienta de escritorio que permite editar la información y posteriormente cargar las actualizaciones al servidor principal.

Para sectores donde no se disponía de ningún tipo de información vial se procedió a realizar levantamientos a través de *tracks* GPS con una precisión de +- 5m, con

recorridos y levantamientos de datos de la vía como: nombre, sentido, longitudes, intersecciones, etc. Cabe recalcar que en la mayoría de estos sectores al ser relativamente nuevos existe un alto número de vías innominadas.

Parte de la edición y depuración se realizó usando imágenes satelitales Ikonos del año 2008 – 2009 de alta precisión.

Para finalizar se usó la cartografía de OpenStreetMap como fuente para montar sobre ella la información faltante que se pudo recolectar de las otras fuentes mencionadas y revisar la existente. De esta forma hacemos que esta información se adapte al estándar original de OSM.

La información descargada se encuentra en formato OSM, y para convertirla en un archivo **.mp** (formato GpsMapEdit) se recomienda el uso del programa Osminog, que entre los analizados, ha realizado de mejor forma el proceso de conversión.

Una vez generado el archivo map (\*.mp) se procedió a modificar configuraciones como: nombre del mapa, código numérico de 8 dígitos del mapa, tipo de mapa (Garmin), niveles de zoom, etiquetas de codificación para país, provincia, ciudad; posteriormente se convirtió en un mapa formato IMG para compatibilizarlo con dispositivos GPS Garmin. Para ello usamos principalmente dos programas: GpsMapEdit para realizar el proceso de depuración que requiere un mapa ruteable (nodos perfectamente empatados, definición de la jerarquía de la vía, límites de velocidad, dirección y sentido de la vía, ciudad) y Cgsmapper el cual nos permitió compilar el mapa y

transformarlo al formato nativo de Garmin (\*.img), para que pueda ser utilizado por los dispositivos GPS. El detalle de este proceso se encuentra documentado en <http://gis.uazuay.edu.ec/callejero/documentos/osm2img.pdf>.

Cabe recalcar que para que este mapa sea compatible con la mayoría de dispositivos GPS Garmin, se compiló con una versión profesional licenciada del compilador, para que la generación de índices globales sea la correcta, índices que serán usados para realizar búsquedas de puntos, búsqueda de calles e intersecciones de calles en el mapa del dispositivo.

Para otro tipo de usuarios más especializados se decidió publicar información a través de un servicio WMS el cual puede ser consumido por cualquier cliente pesado que soporte los estándares del Open Geospatial Consortium (OGC), para ello se publicó dicha información usando el software Geoserver además se le asignó un *Style Layer Descriptor* (SLD) semejante al de OSM para una mejor visualización. Cabe recalcar que Geoserver puede servir las peticiones WMS en las versiones 1.1.1 y 1.3.0 debido a que ciertos clientes pesados como GvSig solo pueden consumir WMS de versiones 1.1.1 o anteriores.

Los servicios WMS pueden ser consumidos por clientes pesados como ArcGis, Quantum Gis, GvSig y a nivel de clientes ligeros se realizó pruebas en: Openlayers 2.11, MSCross y Mapbender.

Para finalizar se creó un interfaz web para que sirva de gestor de toda esta información y que pueda ser accedido desde cualquier dispositivo móvil o fijo a través de la red de Internet.

Existe documentación más específica, detallada y que se encuentra disponible en el sitio web:

<http://gis.uazuay.edu.ec/callejero/> en la cual encontramos manuales interactivos para el uso de GpsMapedit, uso de servicios WMS desde Arcgis 9.3, edición y descarga de datos de OSM para su importación a una geodatabase Postgres/Postgis.

**Callejero Cuenca Ecuador**

Homepage Acerca de Openstreetmap Servicios Videos Contactos Servicios mapas Dispositivos móviles

**Presentación**

**Objetivo:**  
 Implementar un Sistema de Información con el plano del cantón Cuenca y su red vial, que integre la generación, actualización y publicación en la Web de la cartografía, permitiendo su descarga e intercambio con diferentes dispositivos electrónicos (GPS, radios digitales, estaciones totales, PDAs, teléfonos celulares, computadoras portátiles o de escritorio), posibilitando la realización de consultas, reportes, análisis, ruteo con voz y mapas; y con ello apoyar al mejoramiento de la gestión del control de las construcciones, la gestión vial en el cantón y el aporte al desarrollo ordenado de la ciudad.

**Manuales**

- Edición de información OSM
- Descargar datos de OSM y exportación a Postgis
- Generar mapas ruteables con información de OSM
- Cargar servicio WMS en ArcMap
- Manual api Cloudmade

**Herramientas de Mapas**

- Generador de rutas - Callejero Cuenca
- Google Maps
- Openstreetmap
- Qulame - Movistar
- Cloudmade

**Software adicional**

- Convertidor osm a mp

**Descargas**

- Mapa Ruteable cantón Cuenca 2012 - Mapsource
- OSM Cantón Cuenca 2012
- Shapas Cantón Cuenca 2012
- Proyecto Cgpsmapper del cantón Cuenca

**Datos climáticos de la región**

**El Tiempo en Cuenca**

Viernes	19° 4°	Sábado	22° 4°	Domingo	21° 4°	Lunes	22° 5°
---------	-----------	--------	-----------	---------	-----------	-------	-----------

**Noticias**

**Waze**

**Live Road Reports**  
 by drivers for drivers

Duration: 3 minutes

**Heavy traffic (9 km/h)**  
**On Av. Ordoñez Lasso in Cuenca**  
 Duration: 2 minutes

**Twitter**

alamsaa Av don Bosco, parque Ibera posible accidente caos vehicular tomas vías alternas #traficocuenca @torrebamba @CuencaAlcaldia 7 days ago · reply · retweet · favorite

**Contacto**

Coincidencia de mayúsculas/minúsculas

Como complementos adicionales, se presenta información del clima de la ciudad de Cuenca y los pronósticos de los 4 días subsiguientes al día de ingreso a la página web, datos que son recibidos a través del api del portal <http://www.meteored.com.ec>.

En la página principal también consumimos información de dos herramientas que se usan dentro de la ciudad para reportar el tráfico vehicular. La primera es la herramienta Waze a la cual a través de un dispositivo móvil los usuarios van aportando información del estado de tráfico vehicular; esto entra en el campo de la información geográfica voluntaria (IGV), filosofía mediante la cual el usuario se convierte en el principal actor en aportar información.

Otra herramienta de notificación de tráfico utilizada dentro de nuestra página es la red social Twitter a través del proyecto #TráficoCuenca, impulsado por la municipalidad de Cuenca, donde usando esta red uno puede reportar y consultar novedades de tráfico en la ciudad como: congestión vehicular, daño de semáforos, etc.

La página web además de incluir todo el material usado en la generación del mapa agregó una herramienta online para la generación de rutas, usando el API de Cloudmade el cual mediante la estructura JSON (acrónimo de JavaScript ObjectNotation) permite descargar la ruta en base a parámetros como: punto inicial y final, puntos intermedios, tipo de ruta, y obtener como resultado el detalle de los puntos que conforman la ruta con su nomenclatura, instrucciones de giro y resumen del recorrido.

Por ejemplo con la herramienta web codificamos la petición de la siguiente forma:

<http://routes.cloudmade.com/8ee2a50541944fb9bcedded5165f09d9/api/0.3/-2.8971,-79.00485,-2.89863,-79.0022/car/shortest.js?lang=es>

Como resultado obtenemos lo siguiente:

```
{ "version": 0.3, "status": 0, "route_summary": { "total_distance": 836, "total_time": 101, "start_point": "Benigno Malo", "end_point": "Hermano Miguel" }, "route_geometry": [ [ -2.89711, -79.004807 ], [ -2.89728, -79.004837 ], [ -2.89776, -79.004936 ], [ -2.89798, -79.004082 ], [ -2.89823, -79.003113 ], [ -2.89848, -79.002129 ], [ -2.89874, -79.001137 ], [ -2.89976, -79.001343 ], [ -2.89951, -79.002327 ], [ -2.89864, -79.002159 ] ], "route_instructions": [ [ "Comienzo sur en Benigno Malo", 73, 0, 9, "73 m", "S", 192.9 ], [ "Gire a la izquierda en Mariscal Sucre", 547, 2, 66, "0.5 km", "E", 104.5, "TL", 273.7 ], [ "Gire a la derecha en Mariano Cueva", 115, 6, 14, "0.1 km", "S", 191.1, "TR", 86.8 ], [ "Gire a la derecha en Presidente Córdova", 114, 7, 14, "0.1 km", "W", 283.8, "TR", 92.7 ], [ "Gire a la derecha en Hermano Miguel", 98, 8, 12, "98 m", "N", 11.4, "TR", 87.7 ] ] }
```

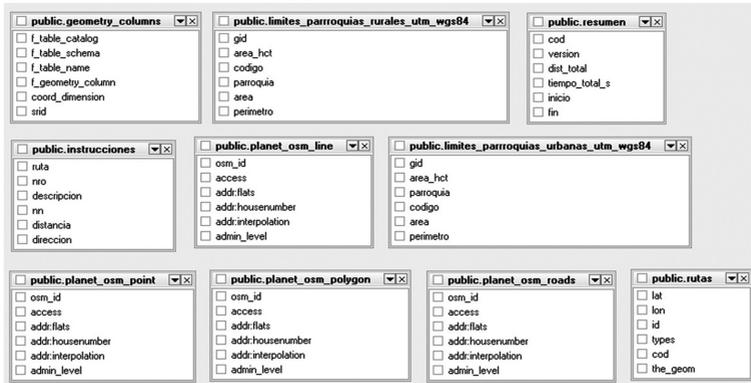
Este resultado es almacenado en una base de datos Postgres 8.4 con la extensión Postgis y convertido a una entidad geográfica tipo línea donde se almacenan por separado los datos de los puntos y los datos de la ruta.

La información de OpenStreetMap se importó a la base de datos con el software osm2pgsql. Esto bajo la proyección *Mercator* con código "EPSG:900913", códigos de proyecciones asignados por **European Petroleum Survey Group** o **EPSG**.

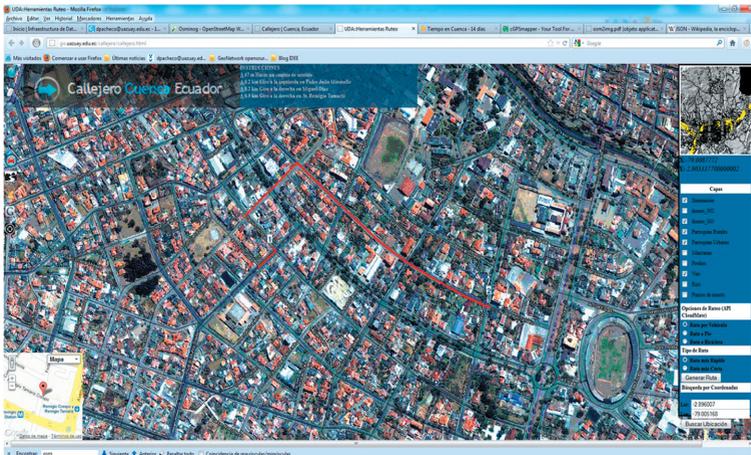
El gráfico siguiente presenta las tablas de nuestra base de datos donde se almacena la información geográfica así como los resultados del API de ruteo. Las tablas denominadas `planet_osm_point`, `planet_osm_polygon`, `planet_osm_roads`, `planet_osm_line` son el producto de la importación de los datos de OSM a la base de datos geográfica, las tablas `límites_parroquias_urbanas_utm_wgs84`, `límites_parroquias_rurales_utm_wgs84` son cartografía que se carga sobre el mapa y las tablas `resumen`, `instrucciones` y `rutas` contienen la decodificación de los datos del api de ruteo.

La tabla `geometry_columns` contiene el detalle de las columnas geográficas de la geodatabase. Cabe

recaltar que las tablas importadas de OSM contienen una columna donde está el dato en proyección Web Mercator denominada “way” y otra en proyección WGS84 denominada “the\_geom” para que pueda ser visible ya sea con un mapa OSM de fondo o con cartografía local.



Para su fácil interpretación la ruta obtenida del api se grafica con una línea roja donde las paradas programadas se numeran para indicar la secuencia de visita. En la parte superior obtenemos los giros sugeridos para la ruta.



Para dispositivos móviles con funcionalidad touch-screen se generó una interfaz web para visualización basado en Openlayers.

En caso de querer actualizar el mapa de gps se deberá volver a descargar el archivo osmy agregarlo dentro del proyecto compatible con CGpsMapper donde está todos los archivos fuentes, scripts usados en la compilación del mapa ruteable. Estos deberán ser cargados nuevamente a través de la opción servicios mapas para que puedan ser compilados y puestos en distribución.

## RESULTADOS

Se generó un mapa ruteable para dispositivos Garmin con información del cantón Cuenca, actualizada hasta marzo de 2012. Este mapa provee de la opción de búsqueda de puntos de interés, calles y búsqueda de intersecciones de calles.

Se liberó esta información en formato shp (nativo de Arcgis), OSM (extensión de OpenStreetMap) para que pueda ser manejada por usuarios de un SIG. Existen muchos paquetes de software que pueden interactuar con diferentes formatos, he ahí que se da la posibilidad de descargar algunos formatos comunes.

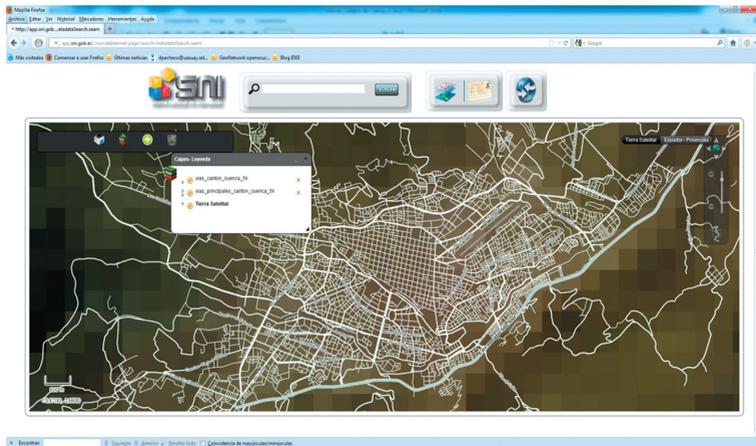
Toda la documentación necesaria para la creación de mapas ruteables, descarga y edición de cartografía de OpenStreetMap está disponible en el sitio web de este proyecto <http://gis.uazuay.edu.ec/callejero/>, también se publicó un video descriptivo, demostrativo del sistema,

<http://gis.uazuay.edu.ec/calljero/video2/video2.html> la finalidad es que otros técnicos o investigadores tengan la fuente de información necesaria para continuar con el desarrollo de estos aplicativos.

Implementación de un cliente ligero para visualizar información cartográfica, imágenes satelitales basadas en MSCROSS. Posee herramientas para la generación de rutas por distancia más corta o por ruta más rápida, instrucciones de giro para las rutas, sincronía con el mapa de Google Maps por una ventana emergente, búsqueda de una ubicación por sus coordenadas.

Recomendaciones de software de dispositivos móviles que son compatibles con la información provista con estos datos.

Un servicio WMS que al ser generado bajo estándares nacionales es fácilmente interoperable por otras plataformas de características semejantes, para ello como muestra y gracias al apoyo de SENPLADES y del Sistema Nacional de Información (SIN) hemos publicado este servicio en el visor de mapas del SNI bajo el nombre Universidad del Azuay - 1:5.000.



## CONCLUSIONES

El proyecto en sí se presenta como un sistema dinámico en donde la información puede ser actualizada en cualquier momento, con lo que la utilidad del sistema y de la información contenida en este, es de gran beneficio para distintos usuarios, tanto especializados como personas con poca o nula experiencia en sistemas de información geográfica, basta con tener acceso a Internet y tener nociones básicas de navegación en la web.

Mediante este portal se ha logrado crear una página web dentro de una infraestructura de datos espaciales, que presenta información actualizada, depurada de las vías que componen nuestro cantón, la completitud de estas vías está garantizada hasta un nivel dos, que significa que las vías de primer, segundo orden están debidamente representadas, además de un buen porcentaje de vías de tercer orden. Vías que se encuentran actualizadas, depuradas con sus atributos asignados como son:

nombres, dirección o sentido; además que se encuentran interrelacionadas entre sí para lograr que los algoritmos de ruteo funcionen apropiadamente.

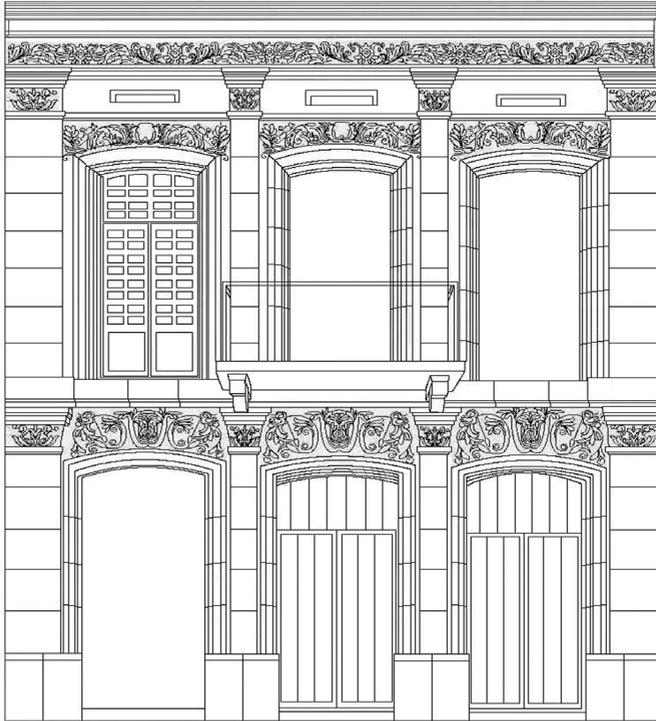
El proyecto se basa en la idea de garantizar la completitud y fiabilidad de los datos por lo que es aconsejable seguir completando depurando e ingresando nueva información temática que permita presentar a la comunidad la mayor cantidad posible de información de nuestro cantón.

Además de información cartográfica y temática hay que seguir implementando nuevas aplicaciones que agreguen funcionalidad y utilidad al proyecto. Se lo puede mejorar este agregando vínculos a cámaras web que transmitan información en vivo, y potenciar estas para que funcionen como sensores que monitoreen o midan algún parámetro en general, por ejemplo la cantidad de vehículos que circulan por una vía.

## REFERENCIAS

- (Haklay, 2010) Bañares, J. A., Bernabé, M. A., Gould, M., Muro-Medrano, P. R., & Zarazaga, F. J. (2001). Aspectos tecnológicos de la creación de una Infraestructura Nacional Española de Información Geográfica. *Universidad de Zaragoza*.
- Haklay, M. (2010). How good is volunteered geographical information? A comparative study of OpenStreetMap and Ordnance Survey datasets. *Environment and planning. B, Planning & design*, 37(4), 682.
- Li, A., Yang, X., Kandula, S., & Zhang, M. (2010). CloudCmp: shopping for a cloud made easy. *Proceedings of the 2nd USENIX conference on Hot topics in cloud computing* (p. 5).
- Purvis, M., Sambells, J., & Turner, C. (2006). *Beginning Google maps applications with PHP and Ajax: from novice to professional*. Springer.
- Richardson, D. E. (2000). Method of dynamically creating nodal views of a managed network. Google Patents.





## **FOTOGRAMETRÍA ARQUITECTURAL: UNA HERRAMIENTA PARA LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO**

**Ochoa Arias Paúl**

Universidad del Azuay, Decanato General de  
Investigaciones, Av. 24 de mayo N° 7-77,  
Cuenca, Ecuador

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

## Resumen

La singularidad de las edificaciones de características arquitectónicas especiales contribuye a su reconocimiento patrimonial; su catalogación, clasificación, mantenimiento, valoración y promoción, requieren de un registro que detalle gráficamente y con precisión sus características físicas, de manera que permita intervenir adecuadamente en la gestión de estos bienes.

En el presente artículo se da cuenta del desarrollo del proyecto “Implementación y difusión de aplicaciones de la fotogrametría arquitectural”, presentando la aplicación y desarrollo de procedimientos dirigidos a la obtención de fotos de alta precisión y de la misma escala en toda la extensión de la imagen (ortorrectificación), aplicadas a las fachadas de algunas edificaciones.

El proyecto se desarrolló entre septiembre de 2011 y febrero de 2012 y es resultado de la convocatoria de “Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica” propuesta por el Decanato General de Investigaciones de la Universidad del Azuay y toma también las experiencias obtenidas de la participación en la red internacional REFADC –del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), denominada: “Red Iberoamericana para la Aplicación de la Fotogrametría Arquitectural Digital y SIG para la Conservación del Patrimonio Histórico, Cultural y Arqueológico de Ciudades para una Gestión de Turismo Sustentable”.

**Palabras clave:** Fotogrametría arquitectural, fotogrametría no topográfica, gestión, conservación, recuperación, valoración, promoción de bienes inmuebles patrimoniales.

## Architectural Photogrammetry: a tool for the management of built heritage

### Abstract

The singularity of buildings with special architectural characteristics contributes to their recognition as heritage. Their cataloguing, classification, maintenance, valuation, and advertising require a register that provides a graphic detail with precise information of their physical characteristics, in order to allow an adequate intervention in the management of these assets.

The present article informs about the development of the Project "Implementation and dissemination of applications of architectural photogrammetry". It presents the application and development of the procedures to obtain high precision photography and of equal scale in the entire extension of the image (orthorectifying), applied to the façade of certain buildings.

The project was developed between September 2011 and February 2012 as a result of the call for "Scientific Research Projects, Development and Technological Innovation" proposed by the Department of Investigations of the *Universidad del Azuay*. It also takes the experiences obtained during the participation of the international network REFADC – Ibero-American Program for the Development of Science and Technology (CYTED) called "Ibero-American network for the Application of Digital Architectural Photogrammetry and GIS for the Conservation of Historical, Cultural and Archeological Heritage of the Cities for a Sustainable Tourism Management"

**Keywords:** Architectural Photogrammetry, non-topographical photogrammetry, management, conservation, recovery, valuation, advertising of heritage assets.

## 1. Introducción

La fotogrametría es la ciencia que se ocupa de realizar mediciones e interpretaciones confiables por medio de las fotografías, para de esa manera obtener características métricas y geométricas (dimensión, forma y posición), del objeto fotografiado. Esta definición es en esencia, la adoptada por la Sociedad Internacional de Fotogrametría y Sensores Remotos (ISPRS). (Jáuregui, 2008)

Desde su aparición, la principal aplicación de la fotogrametría ha sido la generación de mapas topográficos y planos, obtenidos fundamentalmente de fotografías aéreas y espaciales; en efecto, la mayoría de la cartografía de nuestro planeta ha sido obtenida por medio de esta técnica.

Su aplicación fuera del campo de la generación cartográfica da lugar a lo que se conoce como fotogrametría no topográfica; la misma que, en razón a que las distancias de toma están comprendidas entre cero y 300 m, se denomina también fotogrametría de objetos cercanos. Actualmente, una de las principales áreas de aplicación de la fotogrametría no topográfica es la arquitectura, en lo que se ha dado en llamar: “La fotogrametría arquitectural” mediante la cual se obtiene material gráfico (planos, imágenes, modelos tridimensionales) que representan con detalle las fachadas de edificaciones, monumentos y obras arquitectónicas; principalmente se prefiere aquellas con valores patrimoniales, estéticos, artísticos o históricos.

Con esta técnica es posible registrar la situación real de los objetos y guardarla en bases de datos para su uso posterior; es así como por medio de material fotográfico de alta calidad y resolución es posible crear un testimonio gráfico de su estado actual, facilitando posteriores tareas de remodelación, recuperación y rescate dirigidas a su conservación, al aprovechamiento cultural, histórico y turístico.

Respecto a los productos que se obtienen en fotogrametría arquitectónica el más común es el dibujo de líneas (a escalas 1:20 o 1:50), aunque también se generan otros como fotografías rectificadas, modelos tridimensionales, ortofotografías o modelos digitales, con posibilidades de integrarlas con realidad virtual y realidad aumentada.

## **2. Fundamento de la fotogrametría**

El principio en el que se sustenta la fotogrametría consiste en proyectar la imagen registrada en una fotografía de forma ortogonal (perpendicular) sobre un plano de referencia, la cual ha sido proyectada sobre el negativo mediante la proyección central (usada por los lentes).

El paso de la proyección central a la proyección ortogonal se puede realizar bien sea por la fotogrametría gráfica, prácticamente en desuso en nuestros días, o por la estereofotogrametría, la cual ha sido utilizada en la mayoría de los trabajos fotogramétricos.

La fotogrametría gráfica, usando los principios de la geometría proyectiva, fue el inicio de esta disciplina, ya que para la época era la única manera en que se podían restituir las fotografías. Se fundamenta en la intersección

de líneas que parten de dos puntos diferentes, es decir de los puntos en que se tomaron las fotografías, hacia un punto común.

Actualmente, gracias a la capacidad de cálculo que ofrecen las computadoras, el uso de esta forma de restitución se ha convertido, para algunos casos especiales, en una alternativa que puede competir con la estereofotogrametría.

Por su parte, la estereofotogrametría parte de la visión estereoscópica para representar en la mente del observador un modelo a partir de un par de fotografías tomadas cada una de ellas desde una posición diferente, para ser observadas en forma separada por el ojo del operario. De esta forma, cada ojo transmite al cerebro una imagen ligeramente diferente del otro, tal como lo hacen al observar los objetos tridimensionales. El cerebro interpretará entonces esas diferencias como diferencias en la profundidad, y formará un modelo estereoscópico en la mente del observador.

Si se introduce un punto artificial sobre cada fotografía, mediante el aparato de observación, de manera que la posición relativa entre las mismas pueda variar, la sensación de profundidad para el punto también variará. La posibilidad de colocar un punto cuya altura sobre el modelo puede ser modificada, así como la posición sobre el mismo, permite establecer un nexo entre el modelo que el observador recrea y las coordenadas registradas por el aparato de observación, que definen la posición del punto. Si se establece un vínculo entre la marca flotante y un aparato trazador, el recorrido que la marca flotante realiza sobre el modelo será dibujado, teniendo entonces como resultado un plano del modelo. La aplicación del

uso de la marca flotante es posible mediante los aparatos restituidores, los cuales son los que realizan los mapas y planos fotogramétricos.

Tal como lo mencionan algunos autores (Jáuregui, 2008), la estereofotogrametría se ha llevado a cabo mediante las siguientes técnicas:

- La fotogrametría analógica, que nace en la década de los años treinta utilizando aparatos de restitución y es la utilizada para la realización de la mayoría de la cartografía mundial. En ella, un par de fotografías es colocado en un aparato restituidor de tipo óptico o mecánico. El operador realiza en forma manual la orientación interior y exterior para crear el modelo estereoscópico, debidamente escalado y nivelado. El levantamiento de la información planimétrica y altimétrica del modelo se realiza también en forma manual, mediante el seguimiento con la marca flotante posada sobre los detalles de la superficie del modelo. Esta información es representada (como un pantógrafo) en una cartulina colocada sobre la mesa trazadora, relacionada con el modelo por medios mecánicos o eléctricos.
- La fotogrametría analítica, que surge en 1957 como consecuencia de la interrelación entre los aparatos restituidores analógicos y el surgimiento de la computación. En ella, la toma de información es analógica y el modelado geométrico es matemático. Mediante el uso de un monocomparador o de un estereocomparador integrado en el restituidor, se miden las coordenadas "x,y" de los puntos pertinentes de las fotografías, coordenadas que son procesadas por los

programas del computador del sistema, éste realiza el procesamiento de la orientación interior y exterior en forma analítica y procesa el levantamiento de la información del modelo que realiza el operador, para llevarla a su correcta posición ortogonal, y finalmente almacenarla en software tipo CAD.

- La fotogrametría digital, actualmente en auge, aparece como consecuencia del gran desarrollo de la informática. Con ella crecen las posibilidades de explotación de las imágenes, a la vez que se simplifican las tecnologías, permitiendo la generación automática de modelos de elevación del terreno, ortoimágenes y estereortoimágenes, generación y visualización de modelos tridimensionales etc. Para llevar a cabo la restitución digital, las imágenes digitales son ingresadas en el computador, y mediante visualización en pantalla de las mismas, el operador ingresa los puntos necesarios para realizar el proceso de orientación en forma matemática. La restitución puede ser un proceso interactivo con el operador o ejecutada automática por correlación de imágenes. La salida en la fotogrametría digital puede ser en formato raster o formato vectorial.

### **3. El proyecto**

La ciudad de Cuenca, por sus singulares características arquitectónicas, requiere de un registro de las edificaciones consideradas como patrimonio cultural, el mismo que debería contar con información gráfica de precisión, que permita intervenir adecuadamente en la catalogación, clasificación, mantenimiento, valoración, recuperación y promoción de los bienes de importancia patrimonial.

La Universidad del Azuay, desde las líneas del catastro y la geomática, inició desde 2011, un proceso de acercamiento a esta tecnología por medio de la participación en la red internacional REFADC –del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), denominada: “Red Iberoamericana para la Aplicación de la Fotogrametría Arquitectural Digital y SIG para la Conservación del Patrimonio Histórico, Cultural y Arqueológico de Ciudades para una Gestión de Turismo Sustentable” lo que le ha permitido incursionar en el desarrollo de algunos ejercicios y pruebas, siendo en su momento detectada la necesidad de profundizar en el conocimiento de esta técnica acompañada de la implementación de software y equipamiento adecuado.

Con motivo de la convocatoria de “Proyectos de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica” propuesta por el Decanato General de Investigaciones de la Universidad del Azuay, se planteó el proyecto: “Implementación y difusión de Aplicaciones de la fotogrametría arquitectural” el mismo que luego de la aprobación fue ejecutado durante el periodo septiembre de 2011 y febrero de 2012”, con el objetivo de:

*Investigar, implementar y difundir metodologías, procedimientos y tecnologías relativas a la Fotogrametría Arquitectural para registrar con fidelidad la información gráfica que caracteriza las edificaciones patrimoniales y monumentales y con ello aportar al mejoramiento de su gestión, conservación, recuperación, valoración, promoción y gestión de catastro.*

Como objetivos específicos se proponía:

- *Sistematizar la información disponible relativa a la temática de la fotogrametría arquitectural, desarrollada por la red REFADC, con fines de organizar la generación de los productos del proyecto.*
- *Investigar la disponibilidad y características de los programas informáticos y los equipos disponibles y seleccionar los que se adecuen de mejor manera a los requerimientos del proyecto.*
- *Desarrollar y documentar procedimientos, técnicas y conocimientos necesarios para la aplicación de la fotogrametría arquitectural a elementos relevantes y representativos del patrimonio edificado de la ciudad de Cuenca.*
- *Difundir el uso y aplicación de la fotogrametría arquitectural por medio del desarrollo de un curso, publicación de un artículo científico y elaboración de procedimientos para aplicarlos en consultoría y servicios vinculados con la colectividad, que puedan ser implementados desde el IERSE y el Decanato General de Investigaciones.*

#### **4. Ejecución**

Para realizar el proyecto se contó con el siguiente grupo de trabajo:

- Ing. Paúl Ochoa Arias (Director)
- Arq. Alexandra Roura (Experto).
- Ing. Marco Saldías (Asesor fotogrametría)
- Gabriela Parra Robles (Pasante – estudiante Ingeniería de Sistemas)
- Nataly Pizarro Zea (Pasante – estudiante Ingeniería de Sistemas)

El equipo utilizado:

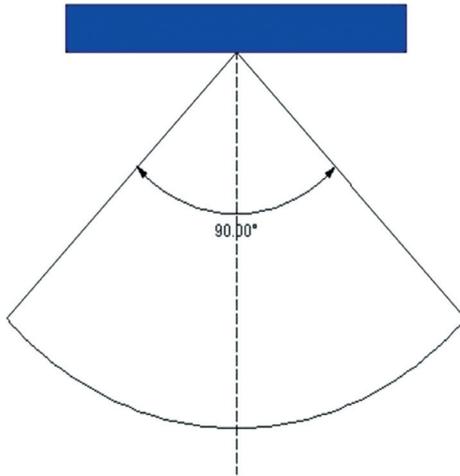
- Cámara digital Canon Rebel 3Ti 18mm
- Trípode
- Distanciómetro digital
- Flexómetro
- Programa informático Photomodeler 2012

Se programó la realización de algunos ejercicios para experimentar, sistematizar y documentar los procedimientos y depurar la aplicación de la metodología y la técnica en procura de mejorar la calidad y precisión de los productos resultantes.

#### **4.1. Toma de fotografías**

Elegido el modelo a levantar se procede a tomar las fotografías que serán el fundamento del proceso. La cámara debe ubicarse a la distancia más conveniente del edificio a levantar, utilizando siempre el trípode; en principio permitimos que la cámara automáticamente enfoque el objetivo.

Una vez conseguido el enfoque correcto cambiamos la cámara a modo manual y fijamos la distancia focal, la misma que se establece previamente con la calibración realizada en el software Photomodeler, y que será utilizada en todas las tomas (para el caso se usó 18 mm).



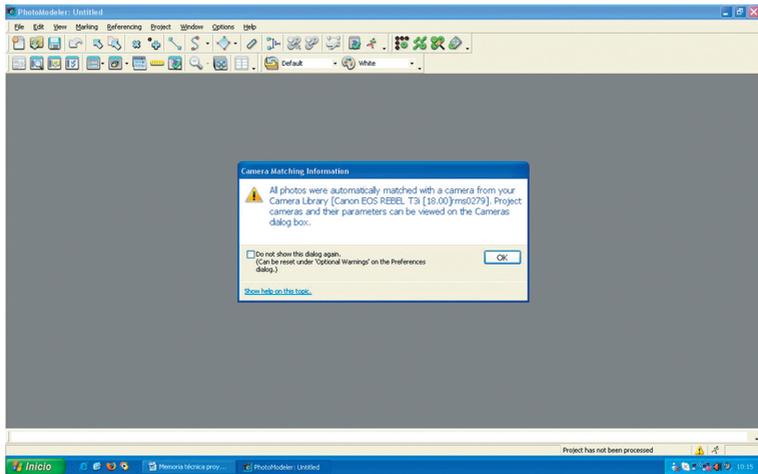
**Imagen 1:** Ángulo de captura de la fotografía

Entre los más importantes detalles que son necesarios considerar se pueden mencionar:

- Las tomas deben realizarse de modo que los ángulos entre la cámara y el centro del modelo formen un ángulo de 90 grados describiendo una semicircunferencia cuyo centro será el centro del modelo.
- Las fotografías deben ser tomadas en días en los que la luz no produzca sombras que puedan entorpecer el trabajo posterior de digitalización.
- El número de fotografías dependerá del tamaño del modelo (por lo menos 10), se debe tomar en cuenta que cada punto debe mostrarse en por lo menos dos fotografías.
- En campo debemos tomar dimensiones de referencia que nos ayudarán posteriormente a escalar el modelo y comprobar la precisión del mismo.

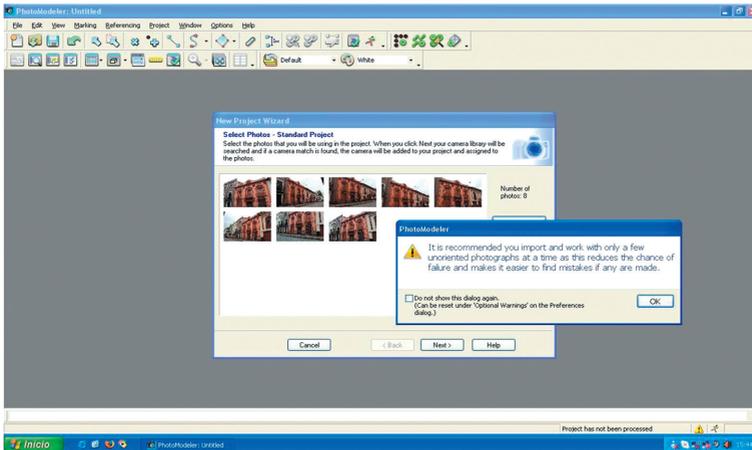
## 4.2. Construcción del modelo

Llevamos las fotografías al software Photomodeler 2012, observamos que las mismas son reconocidas automáticamente como elaboradas con la cámara Canon que se utilizó.



**Imagen 2:** Reconocimiento automático de la procedencia de las fotos por parte del software.

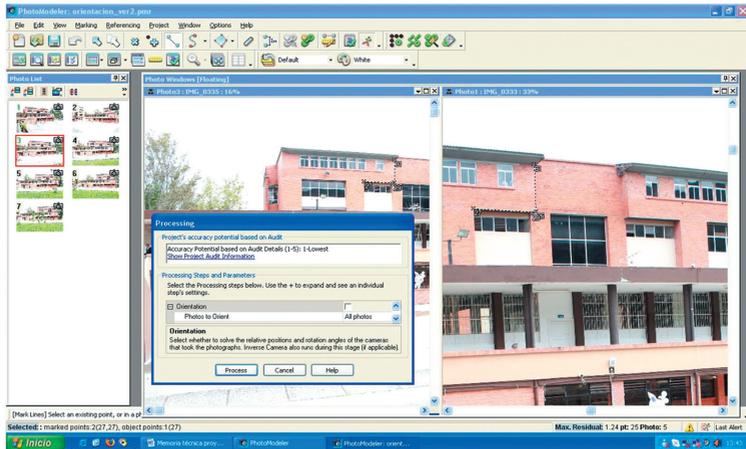
Introducimos las fotografías paulatinamente para facilitar el trabajo



**Imagen 3:** Activación de las imágenes por parte del software

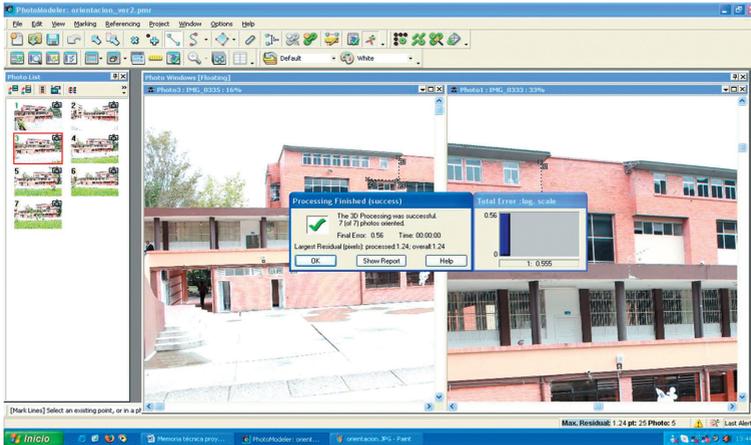
### 4.3. Orientación de fotografías

Para la orientación de las fotografías se identifican puntos en las dimensiones x, y y z para que el programa tenga información en los ejes vertical, horizontal y profundidad del modelo y así pueda ubicarlos en el espacio.



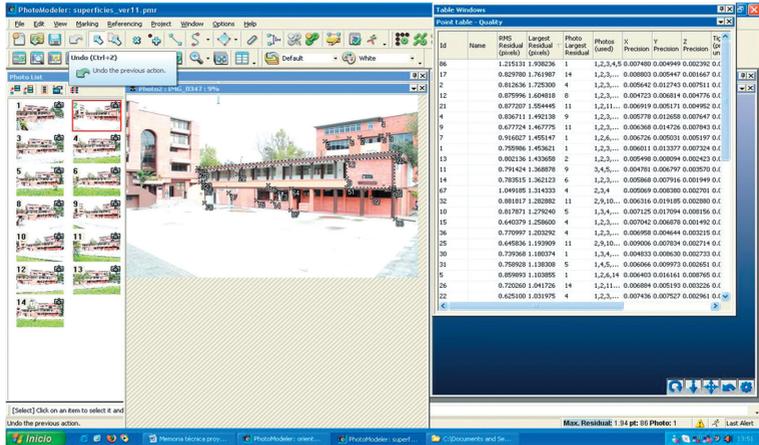
**Imagen 4:** Orientación de las imágenes con la ayuda del software

Una vez orientadas las fotografías y con una cantidad considerable de puntos distribuidos de manera homogénea en toda la fotografía, procesamos la información y observamos el error residual y las sugerencias que propone el programa. Un error residual de alrededor de 5 pixels permite continuar con el trabajo de manera aceptable.



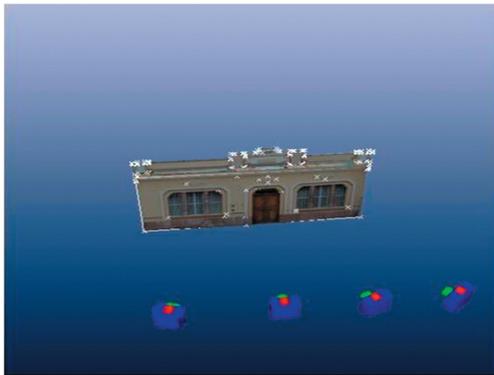
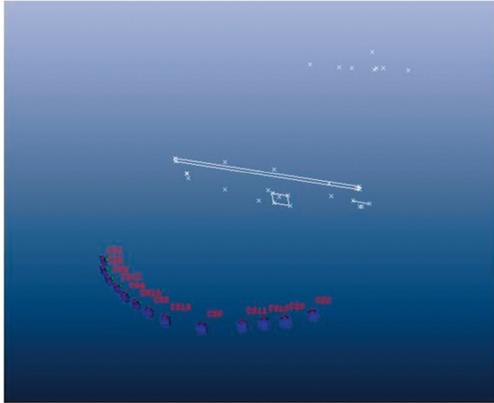
**Imagen 5:** Terminación del proceso de orientación y estimación del error residual

Conforme se procede introduciendo puntos en las imágenes, el error residual disminuye, pero se debe corregir el mismo utilizando la tabla de calidad de puntos, la cual indica el punto con mayor error y la fotografía a la que pertenece.



**Imagen 6:** Tabla de calidad de los puntos

Ahora se pueden observar los puntos en el espacio tridimensional y el cálculo que realiza el programa para determinar dónde se ubicó la cámara al momento de la obtención de las fotografías.



**Imagen 7:** Modelamiento tridimensional a partir de las imágenes

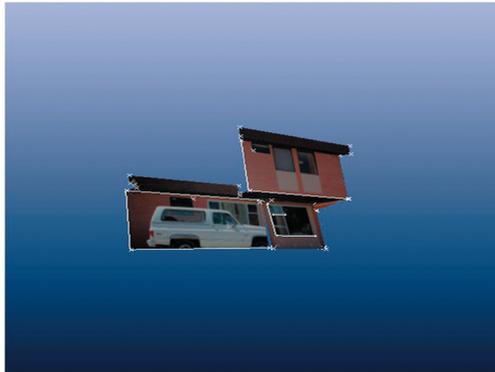
En este nivel de desarrollo del proyecto es posible determinar si el modelo está bien generado y si los procedimientos se han realizado adecuadamente.

A continuación se procede a dibujar las superficies que conforman el modelo utilizando los puntos ubicados en el espacio tridimensional.



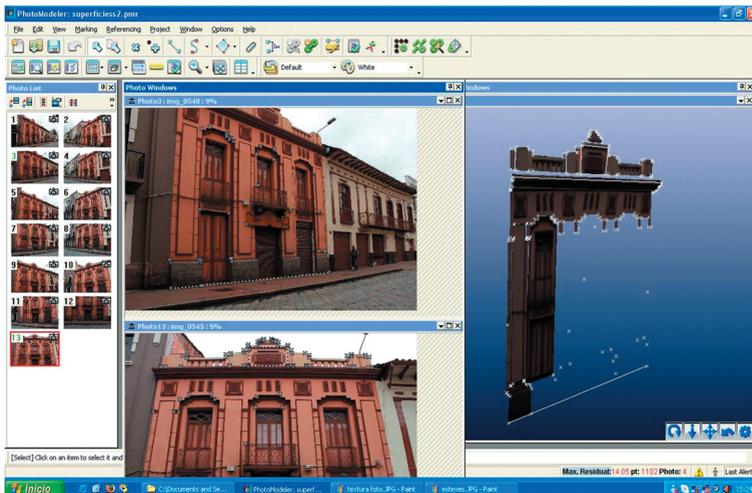
**Imagen 8:** Generación de superficies desde el modelo

Los puntos que conforman una superficie deben estar en un mismo plano para que se desplieguen en la ventana tridimensional de forma perpendicular, de lo contrario tomará la inclinación del plano de unión entre puntos.



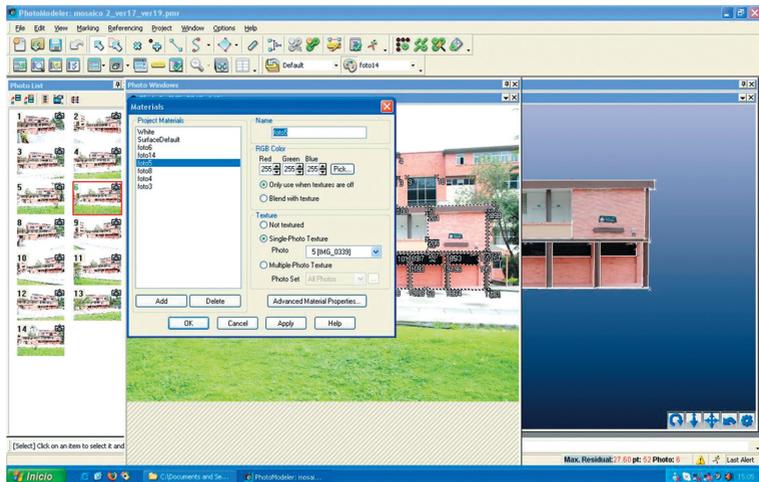
**Imagen 9:** Diferentes superficies obtenidas

Una vez determinadas las superficies se procede a asignar textura al modelo, lo podemos hacer de forma automática permitiendo al programa que decida qué fotografía debe usar, o determinar una por una cada superficie con qué fotografía texturizarla.



**Imagen 10:** Asignación de texturas a las superficies obtenidas

La texturización de las superficies individualmente, nos permite romper la sensación de perspectiva de las fotografías, escogiendo para cada superficie la fotografía más perpendicular a la misma.



**Imagen 11:** Selección de la imagen más adecuada para asignar textura

Con las superficies generamos la ortofoto del modelo, luego de ello se puede exportar a un programa de dibujo CAD (Computer Aided Design), pues el modelo está escalado y sus medidas son reales y precisas (nivel milimétrico).

#### 4.5 Aspectos críticos

Algunas de las dificultades que pueden presentarse en el uso de esta técnica tienen relación con las limitaciones existentes con respecto a la proyección que la fotografía hereda debido a la posición de captura y la perspectiva existente en dicha ubicación, para evidenciar este problema se pueden indicar tres casos:



**Imagen 12:** Frontis de la Facultad de Diseño

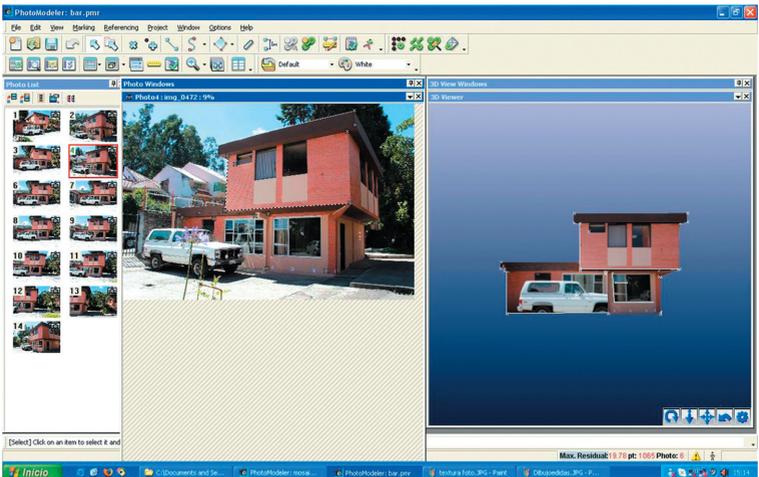
En el trabajo realizado para el frontis de la Facultad de Diseño se presentaron las siguientes dificultades:

- La edificación tiene una estructura predominantemente horizontal, de manera que con una sola superficie texturizada, ésta mostraba las fugas de perspectiva de la fotografía asignada, por lo cual se dividió el modelo en varias superficies y se fue otorgando la textura a cada una, escogiendo la fotografía más conveniente.
- La segunda planta del edificio tiene una profundidad considerable, que no permite la restitución detallada de la parte interna, con la distancia focal escogida, por lo que sería conveniente tomar un segundo grupo de fotografías con diferente distancia focal que permita observar los detalles internos.



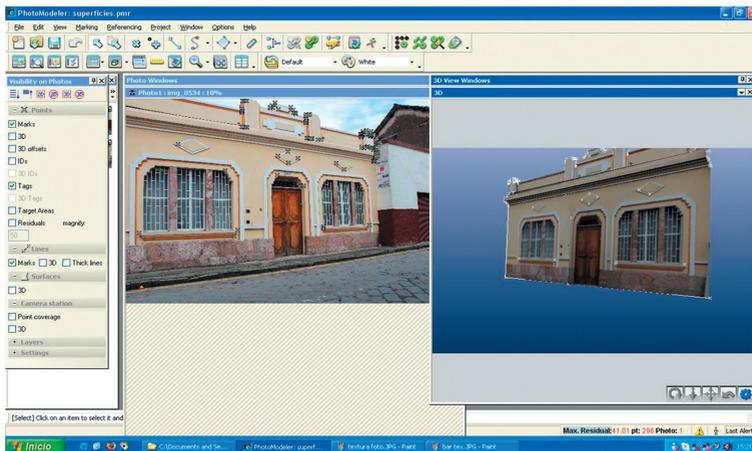
**Imagen 13:** Fugas existentes en los extremos de la imagen

Para el caso del edificio del dispensario médico de la Universidad, se encontró como dificultad la presencia de un vehículo frente al mismo, lo cual impidió obtener algunas texturas frontales.



**Imagen 14:** Presencia de un obstáculo (vehículo) impide completar texturas

En el trabajo realizado en la vivienda ubicada en las calles Estévez de Toral y Borrero se presenta una dificultad al levantar la parte superior de la misma pues los puntos de asiento del remate y los frisos, por su altura y profundidad, no fueron captados desde el nivel de la calle, siendo necesario por tanto construir las superficies de forma desagregada.



**Imagen 15:** Detalles de los frisos superiores no son observables desde la calle

## 5. Resultados

Como resultado del proyecto se puede indicar que se ha logrado:

- Sistematizar y organizar, en formato digital, la información bibliográfica disponible, de manera que se cuenta con una importante fuente de

consulta para los procesos que se desarrollaron en este proyecto y que servirán también para futuros trabajos.

- Implementar equipos como: cámaras fotográficas, distanciómetro, software y accesorios que cumplen con las características necesarias para el desarrollo del proyecto.
- Aplicar un procedimiento metodológico debidamente documentada que junto con los conocimientos adquiridos por el equipo técnico, más los instrumentos y el software, constituyen una solución tecnológica aplicable a diferentes casos, y transferible a otras instituciones, personas y organismos interesados en la temática.

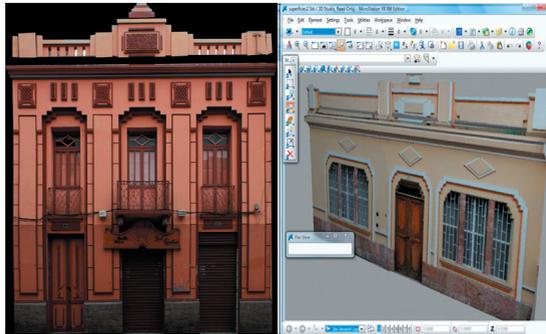




**Imagen 16:** Ortofoto y digitalización de la fachada de la vivienda ubicada en la calle Benigno Malo 6-62 de la ciudad de Cuenca



**Imagen 17:** Ortofoto y digitalización de la fachada de la vivienda ubicada en la calle Benigno Malo 6-34 de la ciudad de Cuenca



**Imagen 18::** Ortofotos de las viviendas, Borrero 7-60 y Estévez de Toral 8-33 respectivamente.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

- Ha sido posible, por parte del equipo técnico participante en el proyecto, alcanzar niveles adecuados en el manejo de la tecnología de la fotogrametría arquitectural, por medio de un proceso que ha incorporado: análisis, experimentación y modelación de las fachadas arquitectónicas de cinco casas patrimoniales de la ciudad de Cuenca.
- Se ha conseguido implementar equipamiento de software y hardware que permite su aplicación a futuros procesos de fotogrametría arquitectural.
- Se cuenta con una solución tecnológica integrada con posibilidades de replicación que pueden dirigirse a: capacitación, consultoría, asistencia técnica, transferencia tecnológica.
- Se dispone de una base de experiencia, información y conocimientos que pueden ser utilizados por la Universidad para mejorar los desarrollos de esta técnica hacia productos más elaborados y enriquecidos con aportes de índole artística, cultural, histórica y patrimonial.
- Sería recomendable continuar con proyectos propios de la Universidad y el Decanato General de Investigaciones enfocados a la aplicación de esta técnica para la elaboración de productos gráficos que testimonien las características de la edificaciones patrimoniales de la ciudad de Cuenca, como por ejemplo publicaciones de

catálogos, afiches, modelos de realidad virtual, realidad aumentada; los mismos que resultarían un aporte institucional a la promoción, conservación, recuperación, valoración y gestión del patrimonio material de la ciudad y de la UNESCO.

- Todo esto permitiría mejorar el dominio de estos procesos, para un aprovechamiento concordante con los esfuerzos e inversiones institucionales que permita continuar el trabajo transfiriendo la metodología a otras instituciones, organismos y profesionales que podrían utilizarla para su propio desarrollo, de manera mucho más elaborada.

## 7. Bibliografía

- Brito, Jorge (2000). Fotogrametría Digital – <http://www.librosdeluz.net/fotogrametra-digital-jorge-nunes-brito/> [Fecha de consulta abril de 2011]
- Michel Mohn. Revista Geográfica. Enero junio 1968 vol IX N° 20. Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela.
- Jáuregui, Luis (2008). INTRODUCCIÓN A LA FOTOGRAMETRÍA. Universidad de Los Andes, Mérida Venezuela.
- Cueli, Jorge (2011). Fotogrametría práctica. Tutorial Photomodeler. Ediciones Tantín. España.