

Revista de la Universidad del Zulia

Fundada en 1947
Por el Dr. Jesús Enrique Lossada



Ciencias
del Agro
Ingeniería
y Tecnología

Año 4 N° 8
Enero – Abril 2013
Tercera Época
Maracaibo - Venezuela

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA
TERCERA ÉPOCA

DIRECTORES Y RESPONSABLES EMÉRITOS
Jesús Enrique Lossada, José Ortín Rodríguez,
José A. Borjas Sánchez, Felipe Hernández,
Antonio Borjas Romero, César David Rincón,
Sergio Antillano

DIRECTORA
Imelda Rincón Finol

COORDINADOR
Reyber Antonio Parra Contreras

EDITORES ASOCIADOS
Thaís Ferrer
Gioconda Brun

COMITÉ EDITORIAL
Imelda Rincón (LUZ)
Reyber Parra (LUZ)
Teresita Álvarez (LUZ)
Jesús Medina (LUZ)
José Lárez (UNERMB)
Marielis Villalobos (LUZ)

COMITÉ ASESOR
Nelson Márquez (LUZ)
Judith Aular (LUZ)
Rutilio Ortega (LUZ)
Tahís Ferrer (LUZ)
Alí López (ULA)
Antonio Castejón (LUZ)
Ana Judith Paredes (LUZ)
María Dolores Fuentes Bajo
(Universidad de Cádiz, España)
Néstor Queipo (LUZ)
Ana Irene Méndez (LUZ)
Mayela Vílchez (LUZ)
Modesto Graterol (LUZ)
Mario Ayala (UBA Argentina)
Tomás Fontaines (UDO)
Enrique Pastor Seller

COLABORADORES
Nancy Feria (FUNDADESARROLLO-LUZ)

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD
DEL ZULIA
Tercera Época
**Ciencias del Agro,
Ingeniería y Tecnología**

Año 4 Nº 8 Enero-Abril 2013

Fundada en 1947 por el Dr. Jesús Enrique Lossada
Adscrita a la Cátedra Libre HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA



PUBLICACIÓN AUSPICIADA
POR LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA Y
LA GOBERNACIÓN BOLIVARIANA DEL
ESTADO ZULIA

Esta revista fue impresa en papel alcalino.
*This publication was printed on acid-free paper that meets
the minimum requirements of the American National Standard
for Information Sciences-Permanence for Paper for
Printed Library Materials, ANSI Z39.48-1984*

**Indizada, registrada y/o catalogada
electrónicamente en las siguientes bases de datos:**
REVENCYT
REVICYHLUZ
LATINDEX
CLASE
PERIÓDICA
Issu: <http://issuu.com/revistadelauniversidaddelzulia>

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA
© 2012. Universidad del Zulia
ISSN 0041-8811
Depósito legal pp 76-654

Portada:
Concepto gráfico: Laura González
Diagramación final: Javier Ortiz

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA.
Calle 67 (prolongación Cecilio Acosta) con Av. 16 (Guajira).
Nueva sede rectoral de la Universidad del Zulia. Edificio Fundadesarrollo.
Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Teléfono/Fax: 58-261-7831611.
Correos electrónicos: revistauniversidaddelzulia@gmail.com, revistadeluz@gmail.com

Contenido

-
- 5 Thaís Ferrer de Molero
Presentación
-
- 8 M., Moreno, H., Pirela, M., Medina, N., Molina, V., Polo, M., Urdaneta
Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados con cacao (*Theobroma Cacao* L.) en la Sierra de Perijá /// *Evaluation of Biological, Physical and Chemical Properties of Cultivated Soil With Cocoa (Theobroma Cacao l.) in Sierra de Perijá*
-
- 29 Tyrone Clavero
Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical
/// *Use of Fruits Fodder Trees in Tropical Farming*
-
- 37 C. Tuemmers , C. Nuñez, P. Espinoza
Presencia y factores asociados a la HPIE en equinos patagónicos chilenos /// *Presence and Factors Related to Eiph in Chilean Patagonian Equines*
-
- 51 Carlos Araujo, Alejandro Colman, Juan González, Alejandra Osorio, Vanessa Pajares
Adaptación del método de Diferencias de Temperatura Equivalente Total (DTET) para el cálculo de las cargas térmicas de envoltentes opacas en Venezuela /// *Adaptation of Total Equivalent Temperature*

Differences Method (TETD) to Calculate Thermal Loads of Opaque Coverings in Venezuela

64 Patricia López-Goyburu

Articulación entre la escala global y local. Caso: Fórum de las Culturas, Barcelona, 2004 /// Articulation Between Global and Local Scale. Case: Forum of Cultures, Barcelona, 2004.

76 Rosalinda González

La luz natural en la recreación de la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura. /// *Natural Light in Recreation of Space and Time in Architecture*

97 Normas para la presentación de trabajos

Presentación

La esencia y naturaleza de la publicación científica. ¿Por qué investigar y difundir resultados?

La Universidad como Sociedad del Conocimiento demanda nuevos hallazgos e innovaciones en el área científica, social, humanística y tecnológica; sobre todo, establecer una relación más estrecha entre investigación y el sector productivo, es decir, entre quienes generan conocimiento en el interior de la investigación y quienes lo demandan para su funcionamiento en el entorno.

Es por ello por lo que la investigación al responder a estos requerimientos sistematiza sus respuestas a través de líneas especializadas en un esfuerzo para obtener nuevos conocimientos en la búsqueda de la verdad. En tal sentido, logra soluciones mediante el empleo de procesos científicos. En la actualidad los nuevos retos de la investigación se orientan en aportar verdades científicas ante la creciente población mundial, los cambios en hábitos culturales, el cambio climático, ya que exigen una disciplina en el investigador de atender las especialidades y sus resultados difundirlos y compartirlos ante la sociedad para analizar, discernir, reflexionar y mejorar resultados.

Al respecto, se hace necesaria la publicación científica, es decir, la publicación que recoge el progreso de la ciencia, en este caso que nos ocupa, la revista científica. Para la Library Association (ALA) la revista científica es una publicación periódica que da a conocer artículos científicos y/o información de actualidad sobre investigación y desarrollo acerca de un campo científico determinado, teniendo como objetivo comunicar el resultado de las investigaciones realizadas por personas o equipos que se dedican a nutrir la Ciencia.

En este orden de ideas, la *Revista de la Universidad del Zulia*, creada fundamentalmente para divulgar la investigación científica, en este número

8 ofrece los ejes temáticos “Ciencias del Agro, Ingeniería y Tecnología”.

La Ciencia Agropecuaria como concepto filosófico responde con la investigación como alternativa para lograr una mayor comprensión de fenómenos complejos, específicamente los sistemas de producción agropecuarios. Los artículos de esta línea son los siguientes:

“Evolución de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados con cacao (*Theobroma Cacao* L) en la Sierra de Perijá”, de los autores María Moreno, Helibel Pirela, Martha Medina, Nixon Molina, Verónica Polo y Urdaneta M. La investigación evalúa las propiedades de los suelos cultivados con cacao y mejorar su rendimiento. Los resultados indican que las características bioquímicas de estos suelos varían con la granulometría.

“Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical” del autor Tyrone Clavero, quien investiga sobre el uso de los frutos de árboles para la suplantación de rumiantes. Los resultados se concentran en mostrar el valor nutritivo de los frutos, consumo voluntario, ganancias diarias de peso que en ovinos superaron más del 50% y en bovinos incrementos superiores al 80%.

“Presencia y factores asociados a la HPIE en equinos patagónicos chilenos” de los autores Cristian Tuemmers, C. Nuñez y P. Espinoza. Investigan sobre la prevalencia de la hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio (HPIE) en equinos patagónicos mediante endoscopia posterior a un ejercicio preestablecido. Los resultados arrojan la presencia del HPIE en los caballos criollos patagónicos está muy por debajo de los valores de los equinos de otras disciplinas.

Ingeniería, dispone de la Ciencia para analizar un problema, diseñar la solución y trabajar para construirla. En esta línea se inscribe el artículo:

“Adaptación del método de diferencias de temperatura equivalente total (DTET) para el cálculo de las cargas térmicas de envolventes opacas en Venezuela”, de los autores: Carlos Araujo, Alejandro Colman, Juan González, Alejandra Osorio y Vanessa Pajares. La investigación se propone adoptar a la realidad venezolana el método Diferencia de temperatura equivalente total. Los resultados concluyen que la adaptación propuesta es un procedimiento válido para su aplicación en Venezuela.

Arquitectura, si bien no es una ciencia, es una disciplina que se apoya

en métodos, cuyas investigaciones tienen una gran necesidad de explicación de hechos y objetos arquitectónicos de la realidad, fundamentándose en métodos científicos. En esta línea se presentan los siguientes artículos:

“Articulación entre la escala global y local. Caso Fórum de las Culturas, Barcelona, 2004”, de la autora Patricia López; esta investigación se propone analizar y evaluar los efectos espaciales que ha tenido la articulación entre lo local y lo global en Barcelona. Los resultados muestran que el progreso ha permitido compatibilizar la permanencia en la red global de ciudades, sin negar la ciudad local.

“La luz natural en la recreación de la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura”, de la autora Rosalinda González; la investigación propone develar múltiples significaciones relacionadas con la forma como la luz natural interviene en la recreación de la espacialidad y la temporalidad de la Arquitectura. Los resultados destacan los variados calificativos atribuidos a los espacios, donde la Arquitectura se ha convertido en el medio para la materialización de los efectos luz-sombra.

Una vez más la *Revista de la Universidad del Zulia*, contribuye a la Sociedad del Conocimiento y reconoce el mérito y el aporte de la investigación como explicación objetiva de la realidad científica.

Dra. Thais Ferrer de Molero

Editora Asociada

Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados con cacao (*Theobroma Cacao* L.) en la Sierra de Perijá

M., Moreno, H., Pirela*, M., Medina*, N., Molina**, V., Polo*.
M., Urdaneta*.*

RESUMEN

Con el propósito de evaluar las propiedades de los suelos cultivados con cacao en la Sierra de Perijá (Zulia, Venezuela) y mejorar su rendimiento, se muestrearon suelos a 20 cm de profundidad para determinar potencial de mineralización del nitrógeno, nitratos, amonio, respiración microbiana, actividad de ureasa, fosfatasa ácida y alcalina, textura, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, nitrógeno total, C/N, fósforo disponible y las bases intercambiables. Los análisis de correlación, regresiones múltiples y componentes principales con SAS, mostraron que las características bioquímicas de estos suelos variaron con la granulometría. El poco carbono orgánico causó bajo C/N desfavoreciendo la actividad microbiana, el potencial d Use of Fruits Fodder Trees in Tropical Farming

*. Universidad del Zulia, Facultad de Agronomía, Departamento de Ingeniería, Suelos y Aguas. E-mail: mariamoreno1968@gmail.com

** . Universidad del Zulia, Facultad de Arquitectura y Diseño, Instituto de Investigaciones de Arquitectura.

bases intercambiables, respiración microbiana, potencial de mineralización del nitrógeno y nitratos.

PALABRAS CLAVE: propiedades del suelo, cacao, actividad biológica, mineralización del nitrógeno.

Evaluation of Biological, Physical and Chemical Properties of Cultivated Soil With Cocoa (Theobroma Cacao L.) in Sierra de Perijá

ABSTRACT

In order to evaluate properties of cultivated soils with cocoa in Sierra de Perijá (Zulia, Venezuela) and improving their efficiency, cultivated soils samples of 20 cm depth were taken to determine the potential of nitrogen mineralization, nitrate, ammonium, microbial respiration, activity of ureases, acid and alkaline phosphatase, texture, pH, electrical conductivity, organic carbon, total nitrogen, C / N, phosphorus available and exchangeable bases. Correlation analysis multiple regressions and main components with SAS showed that biochemical characteristics of these soils varied with granulometry. Low C/N was caused by little quantity of organic carbon working against microbial activity, the potential of nitrogen mineralization, acid and alkaline phosphatase. Soils rich in calcium phosphates showed high availability of phosphorus and calcium and low availability of potassium and magnesium. The pH affected the availability of nutrients, interactions among exchangeable bases, microbial respiration, nitrogen mineralization potential and nitrates.

KEYWORDS: properties of soil, cocoa, biological activity, mineralization of nitrogen.

Introducción

En los últimos veinte años, la superficie cultivada con cacao en Venezuela ha registrado un descenso progresivo pasando de 65.366 hectáreas en 1993 a 54.679 hectáreas en 2011, lo cual representa una contrac-

ción de 16,33%; sin embargo, a pesar de que para el año 2003 se registró la más baja producción y superficie cosechada del país, con rendimientos inferiores a 300 Kg•ha⁻¹, en el 2011 el rendimiento se incrementó a 418 Kg•ha⁻¹ con una producción total de 22.856 toneladas (FEDEAGRO, 2012). De cualquier manera, estos rendimientos representan menos de la mitad del promedio mundial, y apenas una tercera parte del rendimiento promedio de los grandes productores de cacao, tales como Costa de Marfil, Ghana, Nigeria e Indonesia, razón por la cual Venezuela es en la actualidad un productor marginal de cacao, aportando menos de 0,6 % de la producción mundial de este rubro (Quintero y García, 2010; Campo, 2005).

El bajo rendimiento de las plantaciones de cacao en el país obedece a diversos factores, entre los que se cuenta principalmente la presencia de plantaciones viejas con un manejo tradicional y poco uso de tecnologías agrícolas, escasa asistencia técnica y en algunos casos, la existencia de condiciones agroclimatológicas adversas, especialmente en lo referente a la disponibilidad de agua (Quintero y García, 2010; Campo, 2005; Portillo et al., 1994). Por otro lado, el cacao es un cultivo poco exigente en nutrientes, por lo que para producir una tonelada de semilla comercial, la planta extrae alrededor de 30 Kg de N, 8 Kg P₂O₅, 40 Kg de K₂O, 13 Kg de CaO y 10 Kg de MgO; sin embargo, cabe destacar que este cultivo requiere de suelos de texturas medias, bien drenados y con buena fertilidad para alcanzar altos rendimientos y buena calidad de la semilla (Uribe et al., 2009; Barriga et al., 2006).

De esta manera, se expone la necesidad de estudiar detalladamente las condiciones de fertilidad de los suelos cacaoteros a fin de establecer un programa de fertilización integral y eficiente, especialmente en aquellas zonas de ecosistemas frágiles donde se siembra el cacao como cultivo conservacionista de las cuencas, tal como ocurre en la Sierra de Perijá, donde la producción de este cultivo se realiza bajo un esquema tradicional como ocurre en la mayor parte de las plantaciones del país.

El propósito de este estudio fue evaluar las características y relaciones entre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados con cacao en el sistema agroforestal de la Sierra de Perijá, a fin de realizar un manejo eficiente de la fertilidad integral de dichos suelos que permita mejorar el rendimiento del cultivo.

1. Materiales y metodología

El estudio se realizó en ochenta y dos parcelas de cacao de aproximadamente 8 a 9 hectáreas, localizadas en el sector Caña Brava de la Sierra de Perijá, municipio Rosario de Perijá del estado Zulia. Las plantaciones se encuentran entre los 140 - 450 msnm, en terrenos con relieve quebrado de topografía irregular y con fuertes pendientes, surcados de caños intermitentes. Las precipitaciones de la zona varían entre 1000 y 1200 mm al año, por lo que predomina una vegetación de bosque sub-húmedo tropical (COPLANARH, 1975).

Se tomaron muestras compuestas de suelos de la superficie cultivada con cacao de cada unidad de producción, a 50 cm de profundidad. Las plantas tenían entre 1 – 2 años de trasplantadas en terrenos deforestados para el establecimiento del cultivo. La plantación se encontraba en óptimas condiciones fitosanitarias, rodeada por musáceas, algunos frutales y árboles forestales autóctonos de la zona que le proveían la sombra temporal y permanente, requerida por este cultivo. Las muestras de suelo fueron divididas en dos partes: una parte se refrigeró a 4 °C hasta realizar los análisis biológicos, y la otra parte de las muestras fueron secadas al aire y tamizadas a 2 mm para realizar los análisis físicos y químicos. Se evaluó el potencial de mineralización del nitrógeno lábil (PMN), por incubación del suelo durante 21 días, el nitrógeno nítrico (N-NO₃) y amoniacal (N-NH₄) por extracción con KCl 2N y destilación con aleación de Devarda y MgO; la respiración microbiana (RM) por el método de evolución del CO₂, la actividad de la enzima ureasa (URE) por el método de hidrólisis de la urea en 2 horas de incubación a 37 °C, de la fosfatasa ácida (FAC) y fosfatasa alcalina (FAL) por reducción del nitrofenol fosfato incoloro a nitrofenil fosfato color amarillo, en una hora de incubación a 37 °C. También se determinó la textura del suelo por el método de Bouyoucos, el pH y la conductividad eléctrica (CE) en suspensión 1:2,5; el carbono orgánico (CO) por el método de Walkley- Black, el nitrógeno total (NT) por Kjeldahl, el fósforo (P) y el potasio (K) disponibles extraídos por Olsen y cuantificados por colorimetría y fotometría de llama, respectivamente, el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) disponibles por el método de Morgan.

Las características y relaciones entre las propiedades de los suelos se evaluaron a través de los análisis de correlación, regresiones múltiples y análisis por componentes principales utilizando el paquete estadístico el SAS v. 8.01 (SAS, 1991).

2. Resultados y discusión

2.1. Características físicas, químicas y biológicas de los suelos

Las características físicas, químicas y biológicas de los suelos del área de estudio son resumidas en la tabla 1.

En líneas generales, el 68,75 % de los suelos evaluados son de textura franca (F) y alrededor del 21, 88 % se clasifican como franco - arenosos (Fa). En zonas muy localizadas y ocupando muy pequeña proporciones se observaron suelos con tendencia a tener texturas más finas, del tipo Franco-arcillo-arenosa (6, 25%) y Franco – limosa (3,13%). El predominio de una granulometría con texturas gruesas, las altas pendientes del terreno y las altas precipitaciones en las épocas lluviosas de la zona, han favorecido la pérdida de suelo por la erosión, especialmente en aquellas parcelas ubicadas en las zonas más altas del área evaluada. Del mismo modo, estos factores son determinantes al momento de aplicar planes de fertilización al cultivo, a fin de tener una alta eficiencia en la absorción de los nutrientes aplicados y evitar residuos contaminantes de acuíferos, caños y ríos de la zona.

Las concentraciones de P (91,00 ppm) y K (113,27 mg•Kg-1) fueron altas en la mayoría de las parcelas, aunque se observó una disminución significativa de P en las parcelas ubicadas en las zonas bajas del área de estudio. Contrariamente, las concentraciones de K disminuyeron en las plantaciones localizadas en las zonas más altas del área estudiada. Los valores de P y K disponibles encontrados en esta investigación son mucho más elevados que aquellos reportados por López et al. (2007), en plantaciones cacaoteras de avanzada edad ubicadas en el piedemonte de la cordillera costera de Choróni (estado Aragua, Venezuela), debido al agotamiento de la fertilidad de esos suelos, los cuales han sido continuamente cultivados con cacao desde los tiempos de la colonia española.

El Ca (318,58 mg•Kg-1) presentó una disponibilidad media en los suelos de las zonas bajas, en tanto que en las zonas altas se encontraron concentraciones significativamente elevadas (> 500 mg•Kg-1). Por su parte, el Mg mostró concentraciones medias a bajas (38,41 mg•Kg-1) en toda el área de estudio, sin mostrar patrones de distribución afectados por la altitud. Trabajos previamente realizados en cacaotales de Venezuela y Centro América, han reportado contenidos de Ca y Mg más elevados que los hallados por este estudio (Cerde, 2008; López et al., 2007).

Tabla 1. Características físico- químicas de los suelos de la zona Caña Brava

| | Desviación | | |
|---|------------|----------|---------------|
| | Media | Estándar | Mínimo Máximo |
| pH (1:2,5) | 6,58 | 0,47 | 5,90 7,60 |
| CE (1:2,5 dS.m ⁻¹) | 0,05 | 0,02 | 0,03 0,09 |
| CO (%) | 1,06 | 0,44 | 0,13 1,86 |
| NT (%) | 0,48 | 0,41 | 0,129 1,491 |
| C/N | 3,41 | 2,51 | 0,18 7,75 |
| P (ppm) | 91,00 | 51,81 | 8,00 184,00 |
| K (mg.Kg ⁻¹) | 113,27 | 75,41 | 25,00 289,00 |
| Ca (mg.Kg ⁻¹) | 318,58 | 110,41 | 104,00 531,00 |
| Mg (mg.Kg ⁻¹) | 38,41 | 14,56 | 12,00 67,00 |
| Ca/Mg | 4,77 | 1,94 | 1,60 8,66 |
| Ca/K | 5,95 | 5,04 | 0,93 20,45 |
| Mg/K | 1,65 | 1,33 | 0,21 4,40 |
| (Ca+Mg)/K | 8,82 | 6,7 | 1,29 23,90 |
| arena (%) | 42,29 | 8,66 | 29,60 58,80 |
| Limo (%) | 39,82 | 6,99 | 27,20 53,60 |
| Arcilla (%) | 18,31 | 5,83 | 7,60 27,60 |
| RM (mg CO ₂ .Kg ⁻¹ .d ⁻¹) | 14,35 | 8,918 | 2,37 36,78 |
| N-NH ₄ (mg N-NH ₄ .Kg ⁻¹) | 33,80 | 12,090 | 7,77 57,23 |
| N-NO ₃ (mg N+NO ₃ .Kg ⁻¹) | 27,44 | 16,492 | 0 58,14 |
| PMN (mg N.Kg ⁻¹) | 60,32 | 11,058 | 38,84 76,87 |
| URE (µg N-NH ₄ .g ⁻¹ .h ⁻¹) | 79,59 | 28,43 | 28,72 135,63 |
| FAC (µg PNP.g ⁻¹ .h ⁻¹) | 237,79 | 70,74 | 118,59 364,24 |
| FAL (µg PNP.g ⁻¹ .h ⁻¹) | 208,21 | 109,13 | 3,00 370,56 |
| Arcilla (%) | 18,31 | 5,83 | 7,60 27,60 |

La presencia de minerales ricos en calcita y fosfatos de calcio (*Miembro Tres Esquinas de la Formación La Luna*, Stainforth, 1962) explicaría las razones por las que el Ca y el P mostraron elevadas concentraciones en las zonas altas del área de estudio, así como las bajas concentraciones de K y Mg, asociada a las relaciones de antagonismo con Ca.

Las elevadas concentraciones de Ca en las zonas altas y las bajas concentraciones de Mg en los suelos de las plantaciones, han originado algunos desequilibrios entre las bases intercambiables, pudiendo afectar significativamente y en el mediano plazo, la disponibilidad de estos nutrientes en la producción comercial del cultivo. De esta manera, el índice Mg/K (1,65) fue muy bajo en toda la zona de estudio evidenciando problemas en la disponibilidad de Mg por antagonismo con las altas concentraciones del K en estos suelos. Por otro lado, Ca/K (5,95) y (Ca + Mg)/K (8,82) mostraron valores óptimos en las zonas altas, pero se observó una disminución significativa en estos índices con el descenso en la altitud, seguramente relacionado a la reducción en las concentraciones de Ca en los suelos de las plantaciones cacaoteras localizadas en las zonas bajas del área de estudio.

La Ca/Mg (4,77) fue la única relación que mostró niveles óptimos en toda el área de estudio; sin embargo, este valor se encuentra muy cercano al límite óptimo para la buena disponibilidad de Mg, pudiendo cambiar desfavorablemente a medida que el cultivo agote este nutriente del suelo, especialmente si se intensifica la producción comercial del cacao en la zona. En este caso, las deficiencias de Mg afectarían el rendimiento y la calidad comercial de la semilla de cacao cosechada (Uribe et al., 2009).

El CO mostró una concentración baja (1,06 %) en toda el área de estudio; entre tanto, que el contenido de NT varió de medio a alto en todas las plantaciones cacaoteras, encontrándose las mayores concentraciones en la zona alta del área evaluada. La relación C/N encontrada es baja (3,41), lo cual está directamente relacionado con el bajo contenido de MO de la zona y el aumento del NT característico de todos los sistemas de producción agroforestal. La pobreza en MO de estos suelos estaría relacionada con las pérdidas de la misma por la deforestación para el establecimiento de cultivos y extracción maderera, la erosión de los suelos por la alta escorrentía y el establecimiento de cultivos inapropiados (malanga) en estos terrenos de pendientes pronunciadas. Aparte de las pérdidas de las capas húmicas superficiales por la erosión del suelo, Hardy (1959) también expuso que las baja C/N también obedecía al aumento del nitrógeno orgánico

por medio de los nódulos de las raíces de árboles leguminosos de sombra comúnmente sembrados entre el cacao y la disminución de la cantidad de hojarasca, acelerada por la cosecha continua. Por otro lado, en los sistemas agroforestales la mayor parte del carbono y nitrógeno forman parte de la materia orgánica particulada que forma los agregados de mayor tamaño en el suelo, que son más resistentes a las pérdidas por erosión (Meléndez, 1997).

Los trabajos de Cerda (2008) en plantaciones de cacao del valle de Talamanca (Costa Rica) presentaron valores de CO, C/N y NT semejantes a los encontrados en el presente estudio. Por otro lado, López et al. (2007) reportaron niveles inferiores de CO (0,11 – 0,29 %) en los suelos cacaoteros de Choroni (Aragua, Venezuela). En los suelos cacaoteros del Sur del Lago de Maracaibo (Zulia, Venezuela) se reportaron valores de CO y C/N superiores a los encontrados en este trabajo, mientras que el contenido de NT fue significativamente más bajo en dichos suelos. Este resultado estaría directamente relacionado con el aporte continuo de materia orgánica depositada por el desbordamiento de los ríos y caños localizados en el Sur del Lago de Maracaibo (Vera et al., 2000; Armado et al., 2009).

La actividad microbiana de los suelos mostró una alta variación entre las plantaciones (2,4 – 28,0 mg CO₂·Kg⁻¹·s·d⁻¹). Estas variaciones también fueron reportadas en suelos cacaoteros venezolanos de los estados Mérida y Zulia con bajo contenido de materia orgánica (Armado et al., 2009) y en sistemas agroforestales en Costa Rica y México (Cerda, 2008; Álvarez-Solís y Anzueto, 2004). Los trabajos realizados en suelos tropicales indican que los valores medios de la respiración microbiana para indicar que hay una buena actividad microbiana se ubican entre 26,0 – 48,0 mg CO₂·Kg⁻¹·s·d⁻¹. Al comparar estos valores de referencia con aquellos obtenidos en este estudio, se observó una pobre actividad microbiana en los suelos de las parcelas cacaoteras analizados, por lo tanto, se estimó que hay un bajo potencial de mineralización de los sustratos orgánicos (hojarasca, restos de cosecha, etc.) y de reciclaje de los nutrientes (Cerda, 2008). Seguramente, la pobre actividad microbiana de estos suelos estaría directamente relacionada a los bajos contenidos de CO para ser utilizados como sustrato por la biomasa microbiana.

El PMN tuvo un promedio de 60,32 mg N·Kg⁻¹, mientras que los contenidos de N-NH₄ (33,80 mg N·Kg⁻¹) y N-NO₃ (27,44 mg N·Kg⁻¹) fueron de medios a bajos. El N-NO₃ mantuvo una distribución uniforme en las

plantaciones ubicadas a distintas altitudes; en tanto que PMN y N-NH_4 tuvieron un comportamiento similar a NT, al presentar los valores más elevados en las zonas altas del área de estudio.

Estos resultados coincidieron con los obtenidos por Martínez (1972), en suelos cacaoteros de Turrialba (Costa Rica); no obstante, cabe señalar que en algunos suelos agrícolas venezolanos se han reportado PMN significativamente más bajos que los obtenidos en esta investigación (López-Hernández et al., 2005).

La URE mostró un promedio de $79,59 \mu\text{g N-NH}_4 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ distribuido uniformemente en la zona de estudio. En suelos de plantaciones cacaoteras orientales y occidentales de Venezuela se han observado valores de URE inferiores a los obtenidos en este estudio, aún a pesar de encontrarse en zonas aluviales y con alta actividad biológica en el suelo (Armado et al., 2009; Flores et al., 2005). Sin embargo, Contreras et al. (1995) consiguieron actividad enzimática de la URE significativamente altas en los suelos agrícolas del estado Yaracuy (Venezuela).

La FAC presentó un promedio de $237,79 \mu\text{g PNP} \cdot \text{g}^{-1}$ y la FAL $208,21 \mu\text{g PNP} \cdot \text{g}^{-1}$ con poca variación entre las plantaciones a diferentes altitudes. Armado et al. (2009), obtuvo valores de FAC y FAL en los suelos cacaoteros del occidente venezolano significativamente mayores a los obtenidos en esta investigación. Posiblemente los bajos contenidos de CO observados en las plantaciones desfavorezcan la actividad de las fosfatasa.

2.2. Relaciones entre las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos

Las correlaciones significativas entre las distintas propiedades del suelo han sido resumidas en la tabla 2.

Se observó que la poca materia orgánica tiene un papel significativo en estos suelos, ya que por un lado, provee una fracción importante del P disponible en estos suelos ($r = 0,9925$), y por otro lado, en su estado más humificado retiene una gran cantidad de bases intercambiables, especialmente de Ca ($r = 0,8796$) en los complejos coloidales arcillo-húmicos, lo cual origina un aumento del índice Ca/Mg ($r = 0,9285$) en estos suelos. No obstante, se detectó que los índices Ca/K ($r = -0,8781$) y (Ca+Mg)/K ($r = -0,9332$) mostraban sus más altos valores en aquellas zonas donde la materia orgánica era más escasa, probablemente asociado

a las altas concentraciones de calcita y fosfatos de calcio en los suelos (Stainforth, 1962).

Por otra parte, los materiales orgánicos humificados y altamente refractarios asociada a la fracción mineral del suelo (complejos arcillo-húmicos), tienen una gran resistencia a la degradación microbiana, lo cual explicaría la disminución de la mineralización para liberar $N-NH_4$ ($r = -0,8499$) con el incremento de C/N. Así mismo, estos complejos coloidales arcillo-húmicos están principalmente saturados de Ca proveniente de los minerales primarios de estos suelos, favoreciendo los altos índices Ca/Mg ($r = 0,9285$).

Por otra parte, se observó un aumento en el índice C/N a medida que se incrementó el proceso de humificación de la materia orgánica, favorecida principalmente por la acción de la actividad enzimática de URE ($r = 0,9989$) que mineraliza los compuestos orgánicos nitrogenados.

El bajo contenido de materia orgánica de estos suelos coincidió con un aumento en la concentración de $N-NO_3$ ($r = 0,9319$), seguramente relacionado con los procesos de mineralización de la materia orgánica liberando formas minerales del N; resultados semejantes fueron encontrados por Álvarez-Solís y Anzueto (2004), en suelos agrícolas aluviales de Chiapas (México), explicando que había un favorecimiento de los procesos de nitrificación de los compuestos orgánicos nitrogenados que eran mineralizados de la materia orgánica.

El NT tuvo correlaciones positivas con P ($r = 0,8525$) y $N-NH_4$ ($r = 0,8719$). Probablemente esta relación sea explicada por la influencia positiva del P sobre la actividad enzimática de URE ($r = 0,9932$) que hidroliza compuestos nitrogenados orgánicos (ureicos) liberando $N-NH_4$, favoreciendo las concentraciones de NT del suelo. Por otro lado, Martínez (1972) también observó un aumento en la fracción mineral del NT de suelos cacaoteros de Costa Rica, cuando realizaron aplicaciones de P y K a las plantaciones. Es notorio que la buena disponibilidad de P en estos suelos, favorece los valores de NT en los mismos.

El pH tuvo un efecto marcado en la actividad microbiana, la mineralización de nitrógeno orgánico y los procesos de nitrificación, según lo demuestran las correlaciones encontradas con RM ($r = 0,9004$), $N-NH_4$ ($r = 0,8876$) y $N-NO_3$ ($r = 0,8467$).

Tabla 2. Matriz de correlación entre las propiedades de los suelos cacaoteros del sector Caña Brava de la Sierra de Perijá.

| | P | K | Ca | Mg | Ca/Mg | Ca/K | Mg/K | (Ca+Mg)/K | pH | CE | arena | Limo |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| P | 1,0000 | -0,9145 ^a | 0,2156 | 0,3047 | 0,1250 | 0,8096 ^a | -0,8444 ^b | 0,3660 | 0,0055 | 0,5993 | 0,6591 | 0,1639 |
| K | -0,9145 ^b | 1,0000 | -0,0099 | -0,0842 | -0,4503 | <-0,0001 | <-0,0001 | <-0,0001 | 0,1186 | 0,0240 | 0,0824 | 0,8329 ^a |
| Ca | 0,2156 | -0,0099 | 1,0000 | 0,2691 | 0,1095 | 0,0019 | 0,0005 | 0,0010 | 0,4041 | 0,8085 ^a | -0,0152 | 0,0662 |
| Mg | 0,3047 | -0,0842 | 0,2691 | 1,0000 | -0,0007 | 0,6568 | 0,0112 | 0,1845 | 0,4873 | -0,9608 ^b | 0,6322 | 0,3195 |
| Ca/Mg | 0,1250 | -0,4503 | 0,1095 | -0,0007 | 1,0000 | 0,9247 ^a | 0,5528 | -0,9848 ^b | 0,7272 | -0,7552 | -0,7516 | 0,3115 |
| Ca/K | 0,8096 | <-0,0001 | 0,0019 | 0,6568 | 0,9247 ^a | 1,0000 | 0,0003 | <0,0001 | -0,2617 | -0,0357 | -0,0638 | 0,0871 |
| Mg/K | -0,8444 ^a | <-0,0001 | 0,0005 | 0,0112 | 0,5528 | 0,0003 | 1,0000 | <0,0001 | -0,4390 | -0,3323 | -0,0932 | 0,9813 ^b |
| (Ca+Mg)/K | 0,3660 | <-0,0001 | 0,0010 | 0,1845 | -0,9848 ^b | <0,0001 | <0,0001 | 1,0000 | -0,4355 | -0,0529 | -0,0153 | 0,1764 |
| pH | 0,0055 | 0,1186 | 0,4041 | 0,4873 | 0,7272 | -0,2617 | -0,4390 | -0,4355 | 1,0000 | 0,0001 | 0,8132 ^a | 0,4193 |
| CE | 0,5993 | 0,0240 | 0,8085 ^a | -0,9608 ^b | -0,7552 | -0,0357 | -0,3323 | -0,0529 | 0,0001 | 1,0000 | -0,5499 | 0,6338 |
| arena | 0,6591 | 0,0824 | -0,0152 | 0,6322 | -0,7516 | -0,0638 | -0,0932 | -0,0153 | 0,8132 ^a | -0,5499 | 1,0000 | 1,24E-05 |
| Limo | 0,1639 | 0,8329 ^a | 0,0662 | 0,3195 | -0,3237 | 0,0871 | 0,9813 ^b | 0,1764 | 0,4193 | 0,6338 | 1,24E-05 | 1,0000 |
| Arcilla | 0,7196 | <-0,0001 | 0,0012 | 0,0151 | -0,0501 | 0,0004 | <0,0001 | <0,0001 | -0,7188 | -0,5336 | -0,0807 | -0,5839 |
| RM | 0,1498 | <0,0001 | -0,0113 | -0,4644 | -0,5119 | -0,0439 | -0,0293 | -0,0348 | 0,9004 ^a | 0,1565 | 0,1585 | -0,5904 |
| N-NH ₄ | 0,4516 | 0,4564 | -0,8485 ^a | 0,1375 | 0,5362 | 0,4435 | -0,7786 | -0,8715 ^a | 0,8876 ^a | 0,9120 ^a | -0,931 ^b | 0,5578 |
| N-NO ₃ | 0,6779 | -0,4118 | 0,4354 | -0,3665 | 0,5644 | 0,3457 | 0,7563 | 0,6550 | 0,8467 ^a | -0,5268 | 0,9043 ^a | 0,6518 |
| PMN | 0,1197 | -0,5231 | 0,3597 | 0,7616 | 0,5644 | 0,3457 | 0,7321 | 0,4053 | 0,6362 | -0,4614 | 0,7377 | -0,2365 |
| URE | 0,9932 ^b | 0,1204 | 0,8713 ^a | -0,7590 | 0,9155 ^a | 0,6884 | -0,5030 | 0,8313 ^a | 0,1990 | 0,0618 | 0,0369 | -0,2365 |
| NT | 0,8525 ^a | -0,0252 | 0,3790 | 0,4816 | -0,5510 | 0,0055 | 0,1591 | 0,0026 | -0,1191 | -0,0119 | -0,9661 ^b | -0,9255 ^a |
| CO | 0,9925 ^b | 0,0843 | 0,8796 ^a | 0,2163 | -0,5762 | -0,8781 ^a | 0,7493 | -0,9332 ^b | 0,2055 | 0,0016 | -0,0388 | 0,0840 |
| C/N | -0,4621 | 0,0297 | 0,1907 | -0,3205 | 0,9285 ^a | 0,4599 | -0,0309 | -0,0249 | 0,7175 | 0,0070 | 0,5841 | 0,9769 ^b |
| FAC | -0,4863 | 0,6990 | 0,7369 | -0,9274 ^a | -0,5497 | 0,4599 | 0,6869 | 0,5174 | -0,0726 | -0,6337 | -0,0371 | 0,1949 |
| FAL | 0,0430 | 0,0930 | 0,0942 | -0,9205 ^a | 0,3340 | -0,7965 | -0,6168 | -0,5648 | 0,0572 | 0,2879 | -0,3538 | 0,0801 |

a. p < 0,05

b. p < 0,01

c. p < 0,001

Tabla 2. Matriz de correlación entre las propiedades de los suelos cacaoteros del sector Caña Brava de la Sierra de Perijá (continuación).

| | Arcilla | RM | N-NH ₄ | N-NO ₃ | PMN | URE | NT | CO | C/N | FAC | FAL |
|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| P | 0,7196 | 0,1498 | 0,4516 | 0,6779 | 0,1197 | 0,9932 ^b | 0,8525 ^a | 0,9925 ^b | -0,4621 | -0,4863 | 0,0430 |
| K | 0,0000 | <0,0001 | 0,4564 | -0,4118 | -0,5231 | 0,1204 | -0,0252 | 0,0843 | 0,0297 | 0,6990 | 0,0930 |
| Ca | 0,0012 | -0,0113 | -0,8485 ^a | 0,4354 | 0,3597 | 0,8713 ^a | 0,3790 | 0,8796 ^a | 0,1907 | 0,7369 | 0,0942 |
| Mg | 0,0151 | -0,4644 | 0,1375 | -0,3665 | 0,7616 | -0,7590 | 0,4816 | 0,2163 | -0,3205 | -0,9274 ^a | -0,9205 ^a |
| Ca/Mg | -0,3237 | -0,0501 | -0,5119 | 0,5362 | 0,5644 | 0,9155 ^a | -0,5510 | -0,5762 | 0,9285 ^a | -0,5497 | 0,3340 |
| Ca/K | 0,0004 | -0,0439 | -0,6645 | 0,4435 | 0,3457 | 0,6884 | 0,0055 | -0,8781 ^a | -0,0388 | 0,4599 | -0,7965 ^a |
| Mg/K | <0,0001 | -0,0293 | -0,7786 | 0,7563 | 0,7321 | -0,5030 | 0,1591 | 0,7493 | -0,0309 | 0,6869 | -0,6168 |
| (Ca+Mg)/K | <0,0001 | -0,0348 | -0,8715 ^a | 0,6550 | 0,4053 | 0,8313 ^a | 0,0026 | 0,9332 ^a | -0,0249 | 0,5174 | -0,5648 |
| pH | -0,7188 | 0,9004 ^a | 0,8876 ^a | 0,8467 ^a | 0,6362 | 0,1990 | -0,1191 | 0,2055 | 0,7175 | -0,0726 | 0,0572 |
| CE | -0,5336 | 0,1565 | 0,9120 ^a | -0,5268 | -0,4614 | 0,0618 | -0,0119 | 0,0016 | 0,0070 | -0,6337 | 0,2879 |
| arena | -0,0807 | 0,1585 | -0,9310 ^b | 0,9043 ^a | 0,7377 | 0,0369 | -0,9661 ^a | -0,0388 | 0,5841 | -0,0371 | -0,3538 |
| Limo | -0,5839 | -0,5904 | 0,5578 | 0,6518 | 0,2733 | -0,2365 | -0,9255 ^a | 0,0840 | 0,9769 ^a | 0,1949 | 0,0801 |
| Arcilla | 1,0000 | -0,0008 | -0,8574 ^a | 0,6861 | 0,6118 | -0,2227 | 0,0131 | -0,8741 ^a | -0,0251 | -0,7858 | -0,5089 |
| RM | -0,0008 | 1,0000 | -0,7294 | -0,9727 ^b | -0,6448 | 0,0690 | -0,0122 | 0,0109 | 0,0010 | 0,0242 | 0,4326 |
| N-NH ₄ | -0,8574 ^a | -0,7294 | 1,0000 | <-0,0001 | 0,9135 ^a | -0,5849 | 0,8719 ^a | -0,5428 | -0,8499 ^a | 0,9206 ^a | 0,6627 |
| N-NO ₃ | 0,6861 | -0,9727 ^b | <-0,0001 | 1,0000 | 0,0013 | 0,9115 ^a | 0,7096 | 0,9319 ^a | -0,7336 | -0,8043 | -0,8178 ^a |
| PMN | 0,6118 | -0,6448 | 0,9135 ^a | 0,0013 | 1,0000 | -0,8104 ^a | 0,3993 | -0,7363 | 0,6408 | -0,7672 | 0,8326 ^a |
| URE | -0,2227 | 0,0690 | -0,5849 | 0,9115 ^a | -0,8104 ^a | 1,0000 | 0,4154 | 0,6871 | 0,9989 ^c | -0,2557 | 0,7922 |
| NT | 0,0131 | -0,0122 | 0,8719 ^a | 0,7096 | 0,3993 | 0,4154 | 1,0000 | -0,0105 | <-0,0001 | -0,1044 | -0,0838 |
| CO | -0,8741 ^a | 0,0109 | -0,5428 | 0,9319 ^b | -0,7363 | 0,6871 | -0,0105 | 1,0000 | 0,0003 | 0,0015 | 0,0506 |
| C/N | -0,0251 | 0,0010 | -0,8499 ^a | -0,7336 | 0,6408 | 0,9989 ^c | <-0,0001 | <0,0001 | 1,0000 | 0,0161 | 0,2306 |
| FAC | -0,7858 | 0,0242 | 0,9206 ^a | -0,8043 | -0,7672 | -0,2557 | -0,1044 | 0,0015 | 0,0161 | 1,0000 | 0,1301 |
| FAL | -0,5089 | 0,4326 | 0,6627 | -0,8178 ^a | 0,8326 ^a | 0,7922 | -0,0838 | 0,0506 | 0,2306 | 0,1301 | 1,0000 |

a. p ≤ 0,05
 b. p ≤ 0,01
 c. p ≤ 0,001

Resultados similares fueron reportados por Álvarez-Solís y Anzueto (2004) en suelos agrícolas aluviales, y por Armado et al. (2009) en suelos cultivados con cacao en el Sur del Lago de Maracaibo (Zulia, Venezuela), explicando que los microorganismos tenían una adaptación variable según la reacción del suelo, siendo la actividad microbiana favorecida en suelos neutros y básicos, mejorando la mineralización de la materia orgánica para liberar N-NH_4 y N-NO_3 .

Cabe destacar que en este estudio se observó que a medida que se incrementaban los nitratos se inhibía la actividad microbiana en estos suelos ($r = -0,9727$). De manera similar Gómez y Paolini (2003) expusieron que en los suelos de sabana de los llanos orientales de Venezuela, la actividad microbiana y enzimática disminuía a medida que el N-NH_4 era nitrificado, agotándose los compuestos orgánicos mineralizables y acumulando altas cantidades de N-NO_3 en el suelo.

Por su parte la CE de estos suelos mostró un efecto más limitado que el pH, seguramente asociado a la poca cantidad de sales solubles observadas. Por una parte, se observó una relación positiva entre la concentración de sales solubles en el suelo, N-NH_4 ($r = 0,9120$) y Ca ($r = 0,8085$); en tanto que Mg presentó una correlación negativa con CE ($r = -0,9608$). Es posible que una fracción importante del Ca y N-NH_4 se encuentre en la solución de suelo, debido a la baja CIC de estos suelos pobres en materia orgánica. El predominio de las sales de Ca acentuaría el antagonismo con Mg, originando las correlaciones negativas entre CE y Mg.

El PMN estuvo directamente relacionado con la liberación de N-NH_4 ($r = 0,9135$) y es significativamente afectado por la actividad enzimática, ya que se observó un efecto positivo de FAL ($r = 0,8326$) sobre PMN y de FAC ($r = 0,9206$) sobre N-NH_4 . Contrariamente, PMN y URE mostraron una correlación negativa ($r = -0,8104$), posiblemente por el agotamiento de los compuestos nitrogenados orgánicos a medida que la mineralización avanza.

La actividad enzimática estuvo significativamente afectada por los nutrientes del suelo. De esta manera se pudo observar que URE fue favorecida por P ($r = 0,9932$), Ca ($r = 0,8713$), N-NO_3 ($r = 0,9115$), Ca/Mg ($r = 0,9155$) y (Ca+Mg)/K ($r = 0,8313$). Estas correlaciones indicaron que hubo un aumento en la actividad de URE debido a la alta concentración de fosfatos de calcio y al predominio del Ca con respecto al resto de las bases intercambiables

en estos suelos. De manera semejante, el incremento de URE condujo a un aumento significativo en la acumulación de $N-NO_3$, seguramente por la alta mineralización de compuestos orgánicos nitrogenados.

Tanto Mg ($r = -0,9274$) como $N-NO_3$ ($r = -0,8043$) mostraron correlaciones negativas con FAC; de manera similar se observaron correlaciones negativas entre Mg ($r = -0,9205$) y $N-NO_3$ ($r = -0,8178$) con FAL, indicando que el aumento en la concentración de nitratos o de Mg en estos suelos tendría un efecto inhibitorio de las enzimas fosfatasa.

En cuanto a las relaciones entre los nutrientes del suelo, se observó que en aquellas zonas donde había altas concentraciones de P, la concentración de K ($r = -0,9145$) y el valor Mg/K ($r = -0,8444$) disminuían significativamente, seguramente asociado al antagonismo originado por los elevados niveles de Ca liberados a partir de los minerales de calcita y de fosfato de calcio en estos suelos. Este antagonismo también explicaría la relación opuesta entre Ca/Mg y (Ca+Mg)/K ($r = -0,9848$). Finalmente, también se destacó que el índice Ca/Mg tuvo una relación proporcional con Ca/K ($r = 0,9247$) en estos suelos.

Por otra parte, el Ca y las interacciones entre las bases intercambiables afectaron negativamente $N-NH_4$ en estos suelos. De esta manera, se pudo observar que $N-NH_4$ disminuía en aquellas zonas donde el contenido de Ca ($r = -0,8485$) y el índice (Ca+Mg)/K ($r = -0,8715$) eran elevados, posiblemente ligado a la reducción en la disponibilidad de Ca debido a la disminución del pH en el suelo originado por la absorción radicular de NH_4^+ y secreción de H^+ .

La granulometría de estos suelos tuvo un efecto importante sobre varias de sus propiedades químicas y biológicas. De esta manera, la textura limosa tuvo un efecto positivo sobre K ($r = 0,8329$), Mg/K ($r = 0,9813$) y C/N ($r = 0,9769$); en tanto que afectó negativamente el contenido de NT ($r = -0,9255$). Estos resultados indicaron que la materia orgánica altamente humificada se encuentra asociada a la fracción limosa de los suelos.

Por otro lado, en las fracciones finas de estos suelos se encuentran micas glauconíticas (filosilicatos hidratados de hierro y aluminio ricos en potasio, magnesio y sodio) de cuyas estructuras se libera K y Mg (Stainforth, 1962). En este orden de ideas, este tipo de minerales micáceos, tienen una alta fijación de nitrógeno (Hardy, 1959), lo cual explicaría la relación negativa entre el contenido de limo de estos suelos y NT.

La fracción arcillosa del suelo mostró una correlación negativa con CO ($r = - 0,8741$) y N-NH₄ ($r = - 0,9310$); esto estaría vinculado a la formación de complejos arcillo-húmicos, causando que los procedimientos rutinarios de laboratorio no puedan digerir en su totalidad el CO ligado a esta materia orgánica altamente humificada; por otro parte, estos complejos arcillo-húmicos son altamente refractarios y protegen a la materia orgánica del ataque de los microorganismos, disminuyendo considerablemente su mineralización y consecuente liberación de N-NH₄.

Finalmente, en las zonas con texturas arenosas se comprobó una disminución del contenido de NT ($r = - 0,9661$) y de N-NH₄ ($r = - 0,9310$), ya que los componentes orgánicos de NT estarían vinculados principalmente a los coloides y minerales ligados a las fracciones finas del suelo; así mismo, los bajos contenidos materia orgánica localizados en la fracción arenosa del suelo reducen significativamente la mineralización y liberación de N-NH₄.

Por otra parte, tal parece que en aquellas zonas con predominio de la granulometría arenosa se favorecieron los procesos de oxidación del nitrógeno orgánico para formar N-NO₃ ($r = 0,9043$), lo cual redundó en un aumento significativo en los valores de pH ($r = 0,8132$) debido a la liberación de iones OH a la solución de suelo, cuando hay absorción radicular de nitratos.

2.3. Relaciones múltiples entre las propiedades del suelo de la zona de Caña Brava.

La agrupación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estos suelos en componentes principales, facilitaron el análisis de las relaciones entre estos parámetros que definen la fertilidad integral de estos suelos. El 85% de las variaciones de las propiedades de estos suelos fue explicado por cinco componentes principales (tabla 3).

La primera componente (C.P. 1) explicó el 31,81 % de la varianza de las propiedades de los suelos. Esta componente expuso las interacciones entre las propiedades biológicas que influyen en la mineralización de la materia orgánica en estos suelos. Las relaciones significativas englobadas en esta componente indicaron que la actividad de FAC está ligada a la mineralización del nitrógeno orgánico en estos suelos.

Tabla 3. Análisis multivariado por componentes principales de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cacaoteros en el sector Caña Brava de la Sierra de Perijá.

| | C.P. 1 | C.P. 2 | C. P. 3 | C. P. 4 | C. P. 5 |
|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| P | 0,2164 | 0,0598 | 0,1648 | -0,1830 | -0,3369 |
| K | -0,3321 | 0,0499* | -0,0295* | -0,0805 | -0,1772 |
| Ca | 0,3393 | -0,0114* | 0,1351 | -0,0827 | 0,0471* |
| Mg | 0,2144 | 0,1691 | -0,0394* | -0,1674 | 0,2926 |
| Ca/Mg | 0,1570 | -0,2209 | 0,2743 | 0,0934 | -0,2377 |
| Ca/K | 0,3413 | 0,0366 | -0,0553 | -0,0001** | 0,1241 |
| Mg/K | 0,3207 | 0,1084 | -0,0975 | -0,0240* | 0,2236 |
| (Ca+Mg)/K | 0,3408 | 0,0478* | -0,0620 | -0,0040** | 0,1408 |
| pH | 0,1001 | 0,0005** | 0,5112 | 0,0692 | 0,0515 |
| CE | -0,0811 | 0,0090** | 0,4226 | 0,1747 | 0,2959 |
| arena | -0,2880 | -0,1810 | 0,0071** | -0,1529 | 0,2266 |
| Limo | 0,1205 | 0,1774 | -0,0394* | 0,2993 | -0,3662 |
| Arcilla | 0,2746 | 0,0410* | 0,0403* | -0,1585 | 0,1347 |
| N-NH₄ | 0,0275* | -0,0682 | -0,2183 | -0,5030 | -0,1033 |
| N-NO₃ | 0,0284* | 0,0039** | -0,1577 | 0,5926 | 0,0670 |
| PMN | 0,0607 | -0,0570 | -0,3963 | 0,2864 | -0,0098** |
| RM | -0,2273 | 0,2362 | -0,1245 | 0,0006** | 0,1691 |
| URE | -0,0305* | -0,2908 | 0,1954 | 0,0564 | 0,2298 |

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Tabla 3. Análisis multivariado por componentes principales de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cacaoteros en el sector Caña Brava de la Sierra de Perijá. Continuación.

| | C.P. 1 | C.P. 2 | C. P. 3 | C. P. 4 | C. P. 5 |
|-----------------------------|-----------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| URE | -0,0305* | -0,2908 | 0,1954 | 0,0564 | 0,2298 |
| NT | 0,1581 | -0,2763 | -0,2268 | 0,0968 | 0,1059 |
| CO | -0,0144* | 0,3978 | 0,0996 | 0,1099 | 0,0307* |
| C/N | -0,2082 | 0,3126 | 0,1138 | -0,0886 | 0,2223 |
| FAC | 0,0411* | 0,3877 | -0,1909 | -0,0901 | 0,0794 |
| FAL | 0,0589 | 0,2130 | 0,1147 | -0,0574 | -0,4072 |
| PROPORCIÓN | 0,3181 | 0,2132 | 0,1333 | 0,1022 | 0,0803 |
| PROPORCIÓN ACUMULADA | 0,3181 | 0,5313 | 0,6647 | 0,7669 | 0,8472 |

* $p < 0,05$

** $p < 0,01$

Por otro lado, el aumento en el contenido de CO favoreció la actividad de la enzima URE, la cual es principalmente segregada por la biomasa microbiana del suelo, en los procesos de mineralización de la materia orgánica (Watson, 2000). Ya trabajos precedentes explicaron que el aporte de fuentes de CO al suelo favorecían el intercambio catiónico, la estructura de la microfauna y los procesos nutricionales, mejorando la absorción de nutrientes en suelos de baja fertilidad e incrementando el rendimiento del cultivo de cacao (Uribe et al., 2009; Sierra, 2008).

Paralelamente se observó que a medida que la materia orgánica es mineralizada hay una alta acumulación de $N-NH_4$ y $N-NO_3$ hasta el agotamiento del sustrato orgánico y por ende la disminución en la actividad de URE.

La segunda componente (C.P.2) expresó el 21,32% de la varianza de los parámetros del suelo. En esta componente se destacaron principalmente las relaciones entre los parámetros físico-químicos del suelo. De esta

manera, en aquellos suelos con una reacción neutra a básica se favoreció la disponibilidad de P y K, la concentración de nitratos y los altos índices Ca/K y (Ca+Mg)/K; no obstante, a medida que el pH se hace más básico va disminuyendo la disponibilidad de P y K, por la formación de fosfatos de calcio y por el antagonismo con Ca, respectivamente.

Dado el hecho que el contenido de materia orgánica de estos suelos es muy bajo se evidenció que su capacidad de intercambio catiónico está estrechamente relacionada a la fracción mineral (arcilla), donde se forman los complejos arcillo-húmicos del suelo.

La CE era mayor en aquellas zonas donde hubo una alta disponibilidad de K, N-NO₃ y las interacciones Ca/K y (Ca+Mg)/K.

La tercera componente (C.P. 3) explicó el 13,33% de la varianza total de los suelos. Aquí se describió las relaciones entre la fracción granulométrica del suelo y el contenido de K y Mg, ya que se observó la mayor disponibilidad de estos elementos en las zonas con predominio de la textura limosa. Como se explicó anteriormente los minerales primarios conteniendo K y Mg son micas glauconíticas asociadas a las fracciones limosas de los suelos (Stainforth, 1962).

La cuarta componente (C.P. 4) expresó el 10,22% de la varianza total de los suelos, explicando el efecto de las interacciones de las bases intercambiables sobre la actividad microbiana del suelo. En las zonas con predominio de los minerales pedogenéticos hay una alta pérdida de materia orgánica debido a los procesos erosivos por las pendientes pronunciadas afectando negativamente la actividad microbiana.

Finalmente, la quinta componente (C.P. 5) describió el 8,03% de la varianza total de los suelos; explicó el efecto negativo de las altas concentraciones de Ca (carbonatos de calcio y fosfatos de calcio) sobre la mineralización del nitrógeno orgánico producto de la disminución de la actividad de los microorganismos según se expuso anteriormente.

Conclusiones

La granulometría franca y franca arenosa predominante en estos suelos y el relieve de pendientes pronunciadas favoreció las pérdidas de suelo, materia orgánica y de nutrientes por lixiviación observados en estos

suelos.

Los suelos con alto contenido de minerales de fosfatos de calcio mostraron mayor disponibilidad de fósforo y calcio, baja disponibilidad de potasio y magnesio y un pobre contenido de carbono orgánico, originando un bajo índice C/N y desfavoreciendo el potencial de mineralización del nitrógeno, la actividad microbiana y enzimática.

El potencial de mineralización del nitrógeno orgánico en estos suelos estuvo favorecido por las enzimas fosfatasa.

El incremento en los niveles de magnesio y nitratos en estos suelos inhibieron la actividad de las fosfatasa; en tanto que la actividad de la ureasa estuvo favorecida por la alta disponibilidad de fósforo, calcio, nitratos e índice C/N.

El pH tuvo un efecto marcado en la disponibilidad de los nutrientes, las interacciones entre las bases intercambiables, la actividad microbiana, la mineralización de nitrógeno orgánico y los procesos de nitrificación.

Referencias

Álvarez-Solís, J. y Anzueto, M. (2004). Actividad microbiana del suelo bajo diferentes sistemas de producción de maíz en los altos de Chiapas, México. *Revista Agrociencia*, 38 (1): 13 – 22.

Armado, A., Contreras, F., García, P. y Paolini, J. (2009). Correlación de actividades enzimáticas con la respiración basal en suelos cacaoteros del occidente venezolano. *Avances en Química*, 2 (4): 73 – 77.

Barriga, S. Ing. Agr.; Menjivar J.C., Ing. Agr. Ph.D. Mite F. (2006). Validación del manejo de la nutrición por sitio específico en una plantación de cacao en la provincia de Guayas, Ecuador.

Campo M., J. (2005). Venezuela se olvida del cacao. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Nro. 46. <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ve/2005/cjm.htm>

Cerda, R. (2008). Calidad de suelos en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao*), banano (*Musa AAA*) y plátano (*Musa AAB*) en el valle de Talamanca, Costa Rica. Tesis Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación. Escuela de posgrado. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, 2008. 66 p.

Confederación Nacional de Asociaciones de Productores Agropecuarios (FEDEAGRO) (2012). Base de datos de estadísticas agrícolas. <http://fedegro.org/produccion/Rubros.asp>

Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos (COPLANARH) (1975). *Atlas Inventario Nacional de Tierras. Región Lago de Maracaibo*. Tecnicolor S. A. Caracas, Venezuela. 275 p.

Contreras, F., Rivero, C. y Paolini J. (1995). Efecto de la incorporación de residuos orgánicos y dos tipos de labranza sobre la actividad de la ureasa en un alfisol. *Revista Venesuelos* (1): 2 - 6.

Flores, S., Chacón N., Rangel M. y Dezzee, N. (2005). Actividad enzimática en suelos de un gradiente de bosque estacionalmente inundable en la parte baja del río Orinoco implicaciones de la estacionalidad. Centro de Ecología, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas. http://www.iamazonica.org.br/conteudo/eventos/biodiversidadeSolo/pdf/resumos/Painel4_FloresS.pdf

Gómez, Y. y Paolini, J. (2003). Actividad microbiana en suelos de sabanas de los Llanos Orientales de Venezuela convertidas en pasturas. *Rev. Biol. Trop.*, 54 (2): 273 - 285.

Hardy, F. (1959). La relación carbono nitrógeno en los suelos de cacao. Turrialba (IICA), 9 (1): 4-11.

López, M., López I., España. M., Izquierdo. A, Herrera. L. (2007). Efecto de la fertilización inorgánica sobre la disponibilidad de nutrimentos en el suelo, nivel nutricional de la planta y hongos micorrícicos arbusculares en plantaciones de *theobroma cacao*. *Agronomía Trop*, 1 (57): 6 – 26.

López-Hernández, D., Infante, C. y Medina, E. (2005). Balances de elementos en un agroecosistema de caña de azúcar: I. Balance de nitrógeno. *Tropicicultura*, 23 (4): 212 - 219.

Martínez, H. (1972). Mineralización del nitrógeno en suelos bajo el cultivo de cacao. Tesis Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Centro de Enseñanza e Investigación. Departamento de cultivos y suelos tropicales. Turrialba, Costa Rica. 85 p.

Meléndez, G. 1997. Transformaciones de Carbono, Nitrógeno y Fósforo del suelo en sistemas forestales, cultivos anuales y bosque natural. Tesis Mag. Sc. Universidad de Costa Rica. 105 p.

Portillo, E.; Martínez E; Araujo F.; Parra R.; Esparza D. (1994). Diagnóstico Técnico-Agronómico para el Cultivo Cacao (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del

Lago de Maracaibo. Facultad de Agronomía de LUZ. Estado Zulia, Venezuela.

Quintero, M. y García, L.(2010). La producción de cacao en Venezuela: Hacia un nueva ruralidad. *Actualidad Contable* FACES, Nro.20: 114-123.

SAS Institute Inc. 1991. SAS/STAT Software and User`s guide. Versión 8.01.

Sierra, F.L. (2008). Evaluación de biofertilizantes orgánicos en cacao (Theobroma cacao L.) en el Municipio Comalcalco, Tabasco, México. Instituto Tecnológico de la zona Olmeca. Tabasco.

Stainforth, W. V. (1962). Some new stratigraphic units in western: Venezuela. Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo. 5:279 – 282. <http://www.pdvsa.com/lexico/t430w.htm>

Uribe, A., Méndez H. y Mantilla J. (2009). Efecto de niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del Departamento de Santander. *Revista Suelos Ecuatoriales*, Nro. 28:31-36.

Vera, M., Rosales, H. y Ureña, N., (2000). Caracterización físico-química de algunos suelos cacaoteros de la zona sur del lago de Maracaibo, Venezuela. *Rev. Geog. Venez.*, 41(2): 257 - 270.

Watson, C.J. (2000). Urease activity and inhibition. Principles and practice. The International Fertiliser Society. Proceeding N° 454. 39 p

Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical

Tyrone Clavero *

RESUMEN

El uso de los frutos de árboles para la suplementación de rumiantes, tanto en épocas de escasez como de abundancia de forrajes, ha sido tradicional en muchas zonas ganaderas. En la literatura existe información sobre los efectos de la suplementación con frutos de árboles forrajeros en la producción de ovinos y bovinos; sin embargo, los estudios sobre la respuesta productiva de los animales que consumen estos frutos aun son incipientes. Los resultados se concentran en mostrar el valor nutritivo de estos materiales, consumo voluntario, ganancias diarias de peso que en ovinos superaron en más de 50% de los tratamientos no suplementados y en bovinos incrementos superiores al 80%. También hay producciones de leche muy similares a las obtenidas con el uso de alimentos concentrados sin alterar la composición de la misma. De ahí que sea una alternativa para sustituir importaciones y lograr producciones ecológicamente sostenibles y eficientes.

PALABRAS CLAVE: Frutos de árboles forrajeros, producción animal.

* Ing. Agrónomo, Ph.D. Profesor titular de la Facultad de Agronomía, LUZ,
tclavero@hotmail.com

Use of Fruits Fodder Trees in Tropical Farming

ABSTRACT

The use of tree fruits to feed ruminants, in times of scarcity as well as abundance of forage has been traditional in many pastoral zones. In literature, there is information about the effects of supplementation with forage fruit trees in the production of ovines and bovine; however, studies on the productive response of animals that consume these fruits are still incipient. Results show the nutritive value of these materials, voluntary intake, and daily weight gains in ovines which exceeded more than 50% of non supplementary treatments and there were increments up to 80% in bovines. Likewise, there was milk production which was very similar to that obtained using concentrated food without altering the composition of it. Hence, it become in an alternative in order to substitute importation and achieve green efficient and sustainable productions.

KEYWORDS: fruits of fodder trees, animal production

Introducción

Los frutos de árboles forrajeros representan una alternativa de disponibilidad de azúcares, carbohidratos, minerales y proteínas para el ganado, como estrategia para disminuir la dependencia de concentrados comerciales dentro de los sistemas de producción de rumiantes en el trópico (Palma y Román, 2003).

El uso de los frutos de árboles para la suplementación de rumiantes, tanto en épocas de escasez como de abundancia de forrajes ha sido tradicional en muchas zonas ganaderas. Sin embargo, a pesar de su tradición de uso y de disponer de información experimental de soporte la socialización de estas prácticas es muy reducida.

La suplementación con frutos de árboles mejora la respuesta productiva de los rumiantes en las dos fases de mayor importancia para los animales: fase de lactancia y crecimiento temprano (Pirela et al., 2010). Se ha demostrado que el uso de frutos mejora la productividad de la ganadería a través de aumentar la oferta, consumo y balance de nutrientes ofrecidos.

El presente trabajo tiene como objetivo analizar resultados experimentales recientes con relación con la respuesta productiva encontrada en rumiantes suplementados con frutos de árboles forrajeros.

1. Valor nutritivo de los frutos

Los frutos de árboles comúnmente utilizados en el Trópico presentan algunas características composicionales: materia seca entre 85-90%, una característica muy importante de estos frutos es el rango amplio en el contenido de proteína observándose variaciones entre 4.1 y 20%, la disponibilidad de estos valores dependen del consumo directo o su procesamiento mediante molienda en la forma de harina.

Los contenidos de fibra determinados con FDN también resultan con altas variaciones entre especies con rangos desde 18.1 hasta 60.4%, valores altos tienen implicaciones relacionados con la disponibilidad de compuestos fermentables y su relación con el balance energético-proteico en el rumen (Urdaneta et al., 1998; Palma y Román, 2003). Asimismo destacan valores de cenizas entre 2.5 y 4.2% y carbohidratos solubles entre 40 y 60% de MS (Tabla 1).

TABLA 1. Valor nutritivo de frutos de árboles forrajeros

| Especie | MS | PC | ELN | FDA | FDN |
|------------------------------|------|-------|------|------|------|
| <i>Acacia spp</i> | 91.8 | 14.74 | 46.8 | 45.7 | 39.9 |
| <i>Albizia lebeck</i> | 92.3 | 16.2 | 42.7 | 46.8 | 38.7 |
| <i>Caesalpinia coriaria</i> | 94.4 | 5.1 | 86.1 | 9.1 | 9.01 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 94.6 | 9.1 | 52.8 | 48.2 | 42.1 |
| <i>Leucaena leucocephala</i> | 92.1 | 21.4 | 41.4 | 44.7 | 35.9 |
| <i>Phitecellobium dulce</i> | 90.5 | 12.4 | 41.5 | 22.1 | 34.8 |
| <i>Phitecellobium saman</i> | 93.8 | 14.4 | 43.3 | 23.7 | 31.6 |

Adaptado de: Palma y Román, 2003

Cabe mencionar que análisis realizados a estos frutos indican la presencia de metabolitos secundarios. La concentración de taninos condensados varía entre 1.8 1 15% de la MS. Reportándose los mayores valores el dividive (*Caesalpinia coriaria*), valores medios en el samán (*Pithesellobium*

saman), y los menores en la leucaena (*Leucaena leucocephala*), (Clavero, 2011).

2. Utilización por pequeños rumiantes

Una planta extendida en zonas áridas pero no muy estudiada para la alimentación de ganado es el cují (*Prosopis juliflora*). Araujo (et al., 1997), trabajando en el Occidente de Venezuela, midieron consumo y balance de nitrógeno en ovinos en confinamiento en los cuales se sustituyó el concentrado comercial (18% PC) por harina de vaina de cují, observándose diferencias significativas en el nitrógeno retenido (NR), nitrógeno consumido (NRC) y nitrógeno retenido del aparentemente absorbido (NRAA) entre los animales que recibieron concentrado comercial como suplemento y aquellos que se les suministroo harina de vaina de cují (Tabla 2). Al analizar el balance de nitrógeno se observaron balances positivos para las raciones suplementadas, con el mayor valor para la suplementada con concentrado y negativo para la no suplementada. Concluyendo que el aumento en la movilización de nitrógeno en las dietas con suplementación se debió a una mayor síntesis de sustancias orgánicas con menor movilización de aminoácidos del tejido proteico.

TABLA 2. Consumo voluntario y balance de nitrógeno en ovinos suplementados con harina de vainas de cují

| Tratamientos | Consumo Kg/100kg PV | NR g/anim/d | NRC % | NRAA % |
|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|------------------|-------------------|
| Heno de <i>B. humidicola</i> | 2.79 | -0.57 | - 18.32 | 199.2 |
| Heno + conc. Comercial (70-30) | 4.01 | 5.74 | 40.71 | 69.90 |
| Heno + vaina de cují (70-30) | 3.45 | 2.86 | 37.45 | 84.62 |

Fuente: Araujo et al., 1997

Al evaluar el consumo voluntario se observaron diferencias significativas entre los tratamientos con el mayor consumo para la ración suplementada con concentrado y el menor consumo par la ración no suplementada (Tabla 2), corroborando que a medida que aumentan los niveles de proteína de la ración, aumenta el consumo, lo cual se traduce en una mayor producción

diaria del animal.

En Brasil, Negreiros (1992) investigó la posibilidad de utilizar dietas con harina de vainas de cují para ovinos en crecimiento (Tabla 3). El autor concluye que la mejor dieta resultó de la mezcla 50:50 de maíz y cují. En todos los casos la combinación de harina de cují y maíz tuvo un efecto positivo en el consumo, ganancia de peso y eficiencia en la tasa de proteína, resultando atribuido a una acción complementaria de los aminoácidos de las proteínas provenientes tanto del maíz como del cují. Asimismo, los animales alimentados exclusivamente con harina de cují presentaron ganancias de peso de al menos el doble de aquellos alimentados únicamente con harina de maíz.

TABLA 3. Dietas con harina de vaina de cují en ovinos en crecimiento.

| Niveles Maíz Cují | | Consumo g | Ganancia de peso g | Eficiencia de la tasa de proteína |
|-------------------------|-----|--------------|-----------------------|---|
| 100 | 0 | 151 | 7.5 | 0.68 |
| 80 | 20 | 194 | 19.1 | 1.09 |
| 60 | 40 | 216 | 25.2 | 1.33 |
| 50 | 50 | 230 | 28.0 | 1.50 |
| 40 | 60 | 208 | 17.6 | 1.10 |
| 20 | 80 | 178 | 15.3 | 1.12 |
| 0 | 100 | 198 | 16.6 | 1.10 |

Fuente: Negreiros, 1992

3. Uso en la alimentación de bovinos

3.1. Bovinos en crecimiento

Navas y Restrepo (2003) reportan que la incorporación de frutos de arbóreas en los suplementos para bovinos contribuye a mejorar la producción animal en el trópico a través de aumentar la oferta, consumo y balance de nutrientes ofrecidos, dado que estos se asocian a resolver las principales restricciones de orden nutricional vinculados con reducción drástica estacional en la disponibilidad de forraje, bajo consumo voluntario de MS en épocas de

mayor oferta de forraje, baja eficiencia de utilización de la energía metabólica y baja retención de N dietético.

La incorporación de frutos en la alimentación y por tanto en su impacto productivo es uno de los principales objetivos que se buscan con el uso de estas fuentes alternativas de alimentación. Estudios en el Occidente de Venezuela (Fernández, 1994) con animales a pastoreo en pasto alemán (*Echinochloa polystachya*) en condiciones de Bosque Muy Seco Tropical utilizando como suplemento harina de vaina de cují observaron ganancias de peso de 0.455, 0.598 y 0.807 cuando se suministró a los animales 0, 0.5 y 1 kg de MS de harina de vaina de cují/100 kg PV respectivamente. La inclusión de nitrógeno fermentable en la harina de cují incrementa la respuesta animal al mejorar la relación proteína-energía de los nutrientes disponibles en el medio ruminal. Esto concuerda con lo reportado por Navas (et al., 1999), quienes concluyeron que la respuesta productiva de animales suplementados con frutos de arbóreas está asociada con un aumento del consumo voluntario de materia seca y energía digestible y un mayor flujo de proteína microbiana al duodeno.

3.2. Vacas en lactancia

Las respuestas en producción de leche a la suplementación de frutos y/o harinas de árboles forrajeros son variables. Los resultados de algunos experimentos realizados en el trópico americano se presentan en la Tabla 4. Lamela y Simón (1998) trabajaron en Cuba utilizando harina de vainas de *Albizia lebbek* en vacas F2 ($\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Cebú), observaron que cuando la inclusión de la harina de legumbres de albizia fue superior al 50% se alcanzó una producción de leche similar a la que se obtiene cuando se emplea un concentrado comercial a base de materias primas de importación.

Por otro lado, Pírela (et al., 2010), evaluaron en Venezuela vacas criollo limonero suplementadas con frutos de samán (*Pithecellobium saman*); detectaron que la suplementación con alimento concentrado produjo una mayor producción diaria de leche, un mayor consumo de suplemento y un menor rechazo con respecto al tratamiento con harina de frutos de samán. Sin embargo, el análisis económico determinó que la suplementación con harina logró el mejor índice económico relativo.

TABLA 4. Producción y composición de la leche de vacas suplementadas con frutos de arboles

| Referencias y Tratamientos | Leche Kg/vaca/día | Consumo de suplemento Kg/día | Rechazo de suplemento Kg/día | Sólidos totales % | Sólidos no grasos % | Grasa % |
|------------------------------|-------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------------|---------|
| Lamela y Simón 1998 | | | | | | |
| Concentrado | 8.0 | | | 11.7 | 8.3 | 3.4 |
| Albizia (85%) + melaza (15%) | 7.7 | | | 11.1 | 8.1 | 3.2 |
| Pírela et al., 2010 | | | | | | |
| Alimento concentrado | 6.02 | 1.97 | 0.03 | 13.8 | 8.9 | 4.9 |
| Harina de frutos de samán | 5.31 | 1.55 | 0.45 | 13.7 | 8.9 | 4.8 |

En todos los casos reportados no se observaron cambios importantes en la composición de la leche, debido a que el pasto fue el alimento base de la ración y los niveles de suplemento suministrados a los animales no causaron cambios en el patrón de fermentación del rumen (Lamela y Simón, 1998).

Conclusiones

Los resultados presentados en las investigaciones realizadas en Latinoamérica demuestran que la suplementación estratégica con frutos de árboles mejora la eficiencia de utilización de los alimentos básicos y el comportamiento productivo de los animales. Los frutos son materias primas alternativas en la alimentación animal para sustituir importaciones, reduciendo la competitividad con la alimentación humana y protectora del medio ambiente. Esta opción es un reto para instituciones gubernamentales, agro técnicos y pequeños y medianos productores en la búsqueda de soluciones sociales, ecológicamente sostenibles y eficientes.

Referencias

Araujo, O., T. Clavero, N. Márquez, E. Rincón, D. Esparza y M. Lachmann. (1997). Evaluación de la sustitución del concentrado por harina de vaina de cují (*Prosopis juliflora*) en la alimentación de ovinos. Arch. Latinoam. Prod. Anim. 5 (Supl. 1): 220-221.

Clavero, T. (2011). Agroforestería en la alimentación de rumiantes en América Tropical. Rev. De la Universidad del Zulia. Vol.2 (2): 11-35.

Fernández, B. (1994). Evaluación de la vaina de cuji (*Prosopis juliflora*) como suplemento nutricional en bovinos en crecimiento. Tesis de Grado Universidad Rafael Urdaneta. Maracaibo, Venezuela. 76 p.

Lamela, L. y L. Simón. (1998). Utilización de la harina de legumbres de albizia como suplemento en vacas lecheras. Pastos y Forrajes. Vol. 21: 355-358.

Navas, A., C. Restrepo y G. Jiménez. (1999). Funcionamiento ruminal de animales suplementados con frutos de *Pithecellobium saman*. IV Seminario Internacional sobre Sistemas Agropecuarios sostenibles. Cali, Colombia, 28 al 30 de Octubre, 1999. En: [http:// www. Cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias. htm](http://www.Cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Memorias.htm).

Navas, A. y C. Restrepo. (2003). Frutos de leguminosas arbóreas: una alternativa nutricional para ganaderías en el trópico. FAO.

Negreiros, A. (1992). Processing and utilization of *Prosopis juliflora* as an alternative source of food. In: Dutton R. (Ed.). *Prosopis species. Aspects of their value, research and development*. University of Durham, UK. Pp. 277-293.

Palma, J. y L. Román. (2003). Frutos de especies arbóreas leguminosas y no leguminosas para alimentación de rumiantes. FAO.

Pírela, M., A. Perozo, M. Montero, G. contreras, E. Valbuena y S. Zambrano. (2010). Producción y calidad de la leche de vacas criollo limonero suplementadas con harina de frutos de samán (*Pithecellobium saman*). Rev. Fac. Agron. LUZ. Vol. 27: 607-625.

Urdaneta, J., R. Razz y T. Clavero. (1998). Contenido de proteína cruda y materia seca de las vainas de *Leucaena leucocephala*. Rev. Fac. Agron. LUZ. Vol. 15: 262-265.

Presencia y factores asociados a la HPIE en equinos patagónicos chilenos

C. Tuemmers, C. Nuñez*, P. Espinoza*.*

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue determinar la prevalencia de hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio (HPIE) en equinos patagónicos mediante endoscopia posterior a un ejercicio preestablecido. Se utilizó un total de 48 ejemplares (24 hembras y 24 machos gonadectomizados), con un promedio de edad de 15 +/-3 años, pertenecientes al Parque Nacional Torres del Paine, ubicado en la Patagonia de Chile. Se crearon dos grupos, equinos que transportaron carga y el otro que transportó jinete. La evaluación endoscópica de vías aéreas superiores fue realizada una hora posterior a la realización de un ejercicio preestablecido y estandarizado. Los animales con sangre en vías aéreas fueron considerados positivos. Los resultados mostraron un 16,6% de ejemplares positivos a HPIE. De los casos positivos, un 50% corresponde a hembras usadas para transportar jinetes; el otro 50% corresponde a tres machos y una hembra que transportaban carga. La presencia de HPIE en los caballos criollos patagónicos está muy por debajo de los valores de los equinos

* Escuela de Medicina Veterinaria. Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. ctuemmers@uct.cl

de otras disciplinas, por lo cual es necesario más de un examen endoscópico para un diagnóstico certero.

PALABRAS CLAVE: HPIE, endoscopía, caballos patagónicos.

Presence and Factors Related to Eiph in Chilean Patagonian Equines

ABSTRACT

The study was aimed to determine the prevalence of exercise-induced pulmonary hemorrhage (EIPH) in Chilean Patagonia equines through endoscope after a pre-established exercise. A total of 48 samples were used (24 females and 24 gonadectomized males) of 15 +/- 3 years old average pertaining to Torres del Paine National Park located in Chilean Patagonian. Two groups were created: equines that transported load and the other group carried jockeys. Upper airways endoscopic evaluation was done an hour later of a pre-established and standardized exercise. Animals with blood in airways were considered positive to EIPH. Results showed a 16, 6% of positive samples to EIPH. From positive cases, 50% corresponded to females used to carry jockeys; while the other 50% corresponded to three males and a female that transported loads. Presence of EIPH in Creole Patagonian horses is well below the values of horses of other disciplines; therefore, it is necessary more than one endoscopic test for an accurate diagnosis.

KEYWORDS: EIPH, endoscopy, Patagonian horses.

Introducción

La hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio (HPIE) se reporta desde 1688 (Birks y col, 2003: 87-100) manifestándose tras ejercicios inten-

esos en un corto período de tiempo. Su importancia radica en las grandes implicaciones económicas que produce, debido a que es una de las mayores causas de disminución en el rendimiento atlético de los equinos en todo el mundo (Lapointe y col, 1994: 482-485).

La HPIE se caracteriza por una hipertensión pulmonar, edema en las regiones de intercambio gaseoso del pulmón, ruptura de los capilares pulmonares y presencia de sangre en las vías aéreas (Erickson y col, 2000).

Numerosas causas y mecanismos fisiopatológicos han sido propuestos como causantes de HPIE (Erickson y col 2000), sin embargo, la evidencia señala que es el gran aumento de la presión arterial, secundario al ejercicio intenso, el factor más importante que desencadenaría el paso de sangre a los alveolos (Jones ,2003: 283-284; Art y Lekeux, 2005: 101-111); en efecto, la presión arterial aumentada en exceso fomentaría el estrés de los capilares pulmonares. Este aumento de la presión capilar transmural provocaría la hemorragia (Birks y col, 1997: 1584-1592; Kindig y col, 2001: 2674-2678), la que se exacerbaría cuando se combina con la gran presión negativa intrapleurales producida durante la inspiración (Erickson y col,2000 y Erickson; 2000:293-296).

Otros factores que podrían estar asociados al cuadro son: alteraciones de vías aéreas bajas, obstrucción de vía aéreas altas, hiperviscosidad sanguínea secundaria al ejercicio (Erickson y col 2000), los traumatismos mecánicos por el golpe de los cascos contra el suelo (los que producen ondas de presión que se propagan a través del cuerpo y llegan al pulmón) (Birks y col, 2003: 87-100) y neovascularización bronquial (Schalm y col, 1975: 15-81) entre otras.

La altitud sería un factor fundamental, aunque sus efectos en equinos han sido poco estudiados, señalando la literatura que algunos cambios fisiológicos como forma de adaptación aguda, serían los responsables. Por sobre los 3.800 metros (m) se producen cambios adaptativos agudos, como lo es el aumento de la presión arterial pulmonar, e incluso la ruptura de la arteria pulmonar en casos más graves; además aumentan el cortisol (que disminuye a medida que aumenta el tiempo de estancia en altura), la glicemia y tiroxina sérica, el volumen sanguíneo y hemoconcentración secundario al estrés del transporte hacia lugares con mayor altitud, pero lo más importante es el aumento del 2,3 difosfoglicertato (2,3 DPG) (Weideman y col, 2004: 265-273).

La temperatura y la humedad son también factores ambientales im-

portantes. Las temperaturas muy altas podrían fomentar la deshidratación y la pérdida de electrolitos (Art y Lekeux, 2005:101-111); por otro lado, temperaturas muy bajas en conjunto con una gran humedad podrían ser un irritante mecánico que promueva alteraciones inflamatorias en vías aéreas y la broncoconstricción, aumentando el estrés mecánico del pulmón durante la respiración (Schalm y col, 1975: 15-81).

Cuando se observa la epistaxis, los casos varían entre 0,2 % a 13 %. Sin embargo, estudios recientes establecen que los casos positivos son aproximadamente de un 1 % (Jones, 2003: 283-284). Se observa en mayor medida en caballos mayores de dos años que compiten en carreras con obstáculos, y en mayor frecuencia en hembras que en machos enteros. Los caballos más pesados y aquellos que llevan peso también están más predispuestos a la presentación de epistaxis (Moran y Araya, 2003: 127-138). Algunos estudios han demostrado que la epistaxis presente en algunos caballos tiene un gran componente genético (Semeco y col, 2006: 481-491).

La prevalencia, con el uso de fibroendoscopia, oscila entre un 42% y 85% (Moran y col, 2003: 109-113). En particular, algunos estudios como los realizados en caballos pura sangre de carrera, determinan que la prevalencia es de un 50% (Hon y col, 2008: 148-151). En el caballo criollo chileno la prevalencia oscila entre un 60% y un 61,5% (Araya y col, 2005: 311-313). Por otro lado, en caballos de polo chilenos se determinó un 46% de casos positivos (Lapointe y col, 1994: 482-485).

La endoscopia es el método más comúnmente utilizado (Araya y col, 2005: 311-313), si se utiliza 30-90 minutos posterior al ejercicio aumenta la probabilidades de observar trazas de sangre (Hon y col, 2008: 148-151), si no es posible observar alteraciones se debe repetir el examen 60-90 minutos después. En algunos caballos se observa sangre sólo una a dos horas después de un ejercicio. La ausencia de HPIE sólo puede ser descartada luego de tres exámenes endoscópicos (Doucet y Viel, 2002: 195-202).

La HPIE se clasifica en diferentes grados basados en la ubicación y severidad de la hemorragia. La presencia de sangre en el tracto respiratorio superior se valoró según Lapointe y col. (1994): 0, no se observa sangre; I, sangre a nivel de la carina traqueal; II, sangre a nivel de la carina traqueal y tráquea; III, sangre a nivel de la carina traqueal, tráquea proximal y laringe; IV, sangre a nivel de la carina traqueal, tráquea proximal, laringe y ollares.

Como desventajas, la fibroendoscopia puede provocar sangrado iatro-

génico, además, es una técnica subjetiva, y se necesita de la experticia del observador para realizar un diagnóstico acertado (Epp, 2009: 527-532).

El objetivo de este estudio fue evaluar la presencia o ausencia de signos de HPIE con la utilización de endoscopia en equinos patagónicos posterior a un ejercicio estandarizado y su asociación con el peso que carga y el sexo del animal. Además se determinó el volumen globular aglomerado (VGA) para determinar su asociación en los casos positivos.

1. Materiales y métodos

1.1. Muestra equina

El estudio se realizó en el sector Parque Nacional Torres del Paine, Región de Magallanes y Antártica Chilena, durante el mes de septiembre de 2008. De la población de caballos criollos con que contaba la Hostería Torres del Paine (70 ejemplares), se determinó un número mínimo de población a muestrear por medio de una fórmula aplicable a poblaciones conocidas y que tienen distribución binomial en la que se asumió un 10% de error; considerando que no hay estadísticas anteriores se asume, además, que un 50% de los animales estarán sanos y que 50% presentarán patologías. Con dicha fórmula se obtuvo una cifra de 48 equinos como muestra mínima, los que fueron elegidos de forma aleatoria. Para ello los nombres de los machos y hembras se colocaron en bolsas separadas (se extrajeron 24 ejemplares de cada sexo), y posteriormente se dividieron en grupos de ocho animales por día de trabajo para ser evaluados.

$$n \geq \frac{N}{e}$$

$$Ne^2 + 1$$

n= Tamaño muestral

N= Tamaño de la Población en estudio

e= Margen de Error

Finalmente, se clasificaron en dos grupos (de 12 ejemplares cada uno); caballos de silla, que sólo eran utilizados con jinetes y caballos que sólo trasladan carga, esto para comparar si existe relación en cargar un peso poco móvil, como son las mercaderías, versus el peso corporal de un jinete que mantiene un permanente movimiento sobre el equino. Además cada grupo se subdividió en machos y hembras a objeto de comparar las posibles diferencias de presentación de HPIE. No se usó grupo de control (sin carga ni jinete) por la imposibilidad de realizarlo en terreno.

El promedio de edad oscilaba entre 15 +/-3 años y el peso promedio fue de 390 +/-26 kilos (K). Al momento de realizar el estudio los equinos estaban comenzando la temporada de trabajo, tras estar libres en praderas en un periodo comprendido entre abril- agosto.

Al examen clínico no se diagnosticaron patologías respiratorias, y con la anamnesis se logró inferir que estos equinos no habían tenido ningún tipo de tratamiento médico previo a septiembre del 2008.

1.2. Ejercicio preestablecido y estandarizado

Para que todos los ejemplares realizaran el mismo esfuerzo se estableció una ruta que cada individuo debía recorrer en un mismo periodo de tiempo. La ruta establecida fue camino al "Refugio el Chileno". Este sendero recorre el Cerro Almirante Nieto, y tiene una zona plana de 1.700 metros de terreno arenoso, luego, en su tramo más exigente, presenta una pendiente rocosa de 25º y 30º por 1.000 metros. Finalmente el recorrido presenta una meseta plana de 1.200 metros. La altura donde comenzó la ruta fue de 124 msnm y la altura máxima del recorrido llegó a 478 msnm. El tiempo utilizado para recorrer la ruta antes definida fue de 90 minutos de ida y vuelta con una distancia recorrida de 7,8 kilómetros. Los datos geográficos de altura, pendiente, y distancia recorrida fueron medidos a través del uso de un sistema de posicionamiento global (GPS). La velocidad máxima desarrollada por los equinos fue de 13,3 km/h, y la velocidad mínima fue de 4,4 km/h.

Los equinos de carga trasladaron un peso aproximado de 70 K en mercadería y los destinados para transporte de personas promediaron los 80 K.

1.3. Evaluación endoscópica

El examen endoscópico se realizó pasados 60 minutos luego de que los equinos realizaran el ejercicio preestablecido, teniendo en cuenta que no se han encontrado diferencias diagnósticas significativas al realizar el procedimiento entre los 30 a 90 minutos (Schalm y col, 1975: 15-81). Para efectuar el examen del animal se utilizó un axial de sujeción en el labio superior y se introdujo al equino en un brete, donde se le mantuvo hasta finalizar la endoscopia.

Cada ejemplar se examinó endoscópicamente, una vez determinada la existencia o la ausencia de sangre en el tracto aéreo y, en los casos positivos, se valoró el grado de sangrado.

Los casos negativos se clasificaron en grado 0 o ausencia de sangre, mientras que para aquellos que presentaron sangramiento se comenzó con la graduación en el grado I o ligera, si solamente se observaron manchas de sangre; grado II o moderada si se observó un hilo de sangre; profusa o grado III si el hilo de sangre excedía el ancho de la tráquea; y grado IV o visible si además se observaba epistaxis. Los datos obtenidos se ordenaron en una planilla Excel, y se analizaron a través del programa SPSS® 20 para muestras relacionadas. Con el fin de determinar la relación entre sexo y HPIE en equinos de carga y de silla se utilizó tablas de contingencia ($\alpha = 0,05$).

1.4. Examen sanguíneo

Se tomaron dos muestras con la finalidad de medir el VGA inicial basal y el VGA posterior al ejercicio. La primera a las 8:30 AM (antes de cualquier actividad física y con el equino en ayunas), y una segunda muestra se tomó inmediatamente posterior al ejercicio estandarizado. El VGA se determinó utilizando la técnica de microhematocrito (Wickler y Greene, 2003: 231-237).

2. Resultados y discusión

De los 48 equinos que fueron sometidos a los estudios endoscópicos un 16,6% de ellos fue positivo a HPIE.

Como puede observarse en la tabla número I, de las 12 hembras de silla sólo una mostró ser sangradora grado III (8%), tres resultaron ser grado I (25%) y ocho resultaron ser negativas a HPIE (67%). De los 12 machos de silla analizados todos resultaron ser no sangradores (100%).

Para el grupo de equinos que transportaron jinetes, el sexo sí se relaciona con la presentación de la patología HPIE, siendo las hembras las que más presentan la patología. En relación a esta dependencia no existe un consenso sobre el tema en la literatura existente.

Tabla número I: Número de animales Sangradores / No sangradores, según una clasificación por sexo en equinos de silla.

| Negativo (G ^o 0) | ♂ Machos | ♀ Hembras | Total |
|-----------------------------|----------|-----------|-------|
| | | 12 | 8 |
| Grado I | 0 | 3 | 3 |
| Grado II | 0 | 0 | 0 |
| Grado III | 0 | 1 | 1 |
| Grado IV | 0 | 0 | 0 |
| Total | 12 | 12 | 24 |

($p \geq 0,05$)

Como puede observarse en la tabla número II en el grupo de carga de los 12 machos estudiados, sólo tres fueron positivos a HPIE (25%), uno fue clasificado grado III y dos en grado II. Los nueve restantes resultaron ser negativos a HPIE (75%). De las 12 hembras estudiadas sólo una fue sangradora grado I (8%), las once restantes resultaron ser negativas a HPIE (92%).

Tabla número II: Número de animales Sangradores / No sangradores, según una clasificación por sexo en equinos de carga.

| Grado 0 | ♂ Machos | ♀ Hembras | Total |
|------------------|----------|-----------|-------|
| | | 9 | 11 |
| Grado I | 0 | 1 | 1 |
| Grado II | 2 | 0 | 2 |
| Grado III | 1 | 0 | 1 |
| Grado IV | 0 | 0 | 0 |
| Total | 12 | 12 | 24 |

($p \geq 0,05$)

Con respecto al VGA en equinos de silla, el promedio de los 24 ejemplares analizados (machos y hembras) fue de 31,85%.

Para las hembras estudiadas el VGA promedio basal fue de 32%, existiendo dos con un VGA de 24 y 25% respectivamente. El VGA promedio post ejercicio fue de 36,3%, existiendo una yegua con un VGA de 28%.

En machos, en tanto, el promedio de VGA basal fue de 31,7%, existiendo dos ejemplares con un VGA de 25% y 28% respectivamente. El VGA promedio post ejercicio fue de 36,5%. Los mismos dos ejemplares que mostraron VGA basal más bajos son los que tienen su VGA post ejercicio más bajos, 32% y 33% respectivamente.

La diferencia entre el VGA basal y el VGA post ejercicio en promedio para las hembras aumenta en un 4,3%, en cambio para los machos la diferencia aumenta un 4,8%.

En la tabla número III se detallan los porcentajes de VGA, diferenciando además el sexo.

Al análisis estadístico para determinar si existe o no relación entre VGA y HPIE en equinos de silla se constata que ambas variables son independientes, es decir, para el grupo de equinos de silla el VGA no es un factor que se relaciona con la presentación de la patología HPIE.

Tabla número III: Porcentaje de VGA en equinos de silla.

| Animal | VGA | VGA Post | VGA | VGA Post |
|----------|-------------|--------------|-----------|-------------|
| | Basal ♂ | Esfuerzo ♂ | Basal ♀ | Esfuerzo ♀ |
| Promedio | 31,7%±0,033 | 36,5%± 0,029 | 32%± 0,05 | 36,3%± 0,05 |

Para equinos con carga, el promedio de VGA basal fue de 31,85%. Para las hembras estudiadas el VGA promedio basal fue de 32,5%, existiendo una yegua con una VGA de 27%. El VGA promedio post ejercicio fue de 36,6%, existiendo un ejemplar con un resultado de VGA 31%.

Para los machos estudiados el promedio de VGA basal fue de 31,2%, existiendo tres ejemplares con VGA de 27%, 26% y 29% respectivamente. El VGA promedio fue de 36,9%. Los mismos tres ejemplares que mostraron VGA basal más bajos son los ejemplares con su VGA post ejercicio más bajos, 32%, 32% y 33% respectivamente.

La diferencia entre el VGA basal y el VGA post ejercicio en promedio para las hembras aumenta en un 4,1%, en cambio para los machos la

diferencia aumenta un 5,7%.

La tabla número IV, contiene los porcentajes obtenidos para cada ejemplar, separados por sexo.

Al análisis estadístico para determinar si hay o no relación entre VGA y HPIE en equinos de carga, se constata que ambas variables son independientes, es decir, para el grupo de equinos de carga el VGA no es un factor que se relaciona con la presentación de la patología HPIE.

Tabla número IV: Porcentaje individual de VGA en equinos de carga.

| Animal | VGA Basal ♂ | VGA Post Esfuerzo ♂ | VGA Basal ♀ | VGA Post Esfuerzo ♀ |
|----------|-------------|---------------------|-------------|---------------------|
| Promedio | 31,2%± 0,03 | 36,9%± 0,04 | 32,5%± 0,04 | 36,6%± 0,5 |

En el estudio ningún equino manifestó epistaxis como signo de HPIE. Este resultado difiere con las frecuencias de presentación observadas en otros estudios, que van desde 0,15%, a rangos tan amplios como 0,2 a 13% (Birks y col, 2003: 87-100). Otros autores indican que la prevalencia de epistaxis es de un 1% (Araya y col, 2005: 311-313), sin embargo, se ha indicado que este signo puede estar ausente (Moran y col, 2003: 109-113), lo que concuerda con lo obtenido en este estudio. Estudios más recientes han demostrado que la epistaxis presente en algunos caballos tiene un gran componente genético, lo que podría ser un factor que influye en la presentación en caballos patagónicos (Semeco y col, 2006: 481-491).

En cuanto a la prevalencia de HPIE obtenida mediante fibroendoscopia en este estudio (16,66%), fue considerablemente más baja que lo informado por otros autores en otras razas, por ejemplo, en equinos de deporte las cifras van desde un 42% a un 85% de prevalencia (Moran y col, 2003: 109-113). En Perú se determinó una prevalencia de 59,9% en caballos de carrera; en Chile en tanto, en el caballo criollo chileno la prevalencia oscila entre un 60% a un 61,5% (Araya y col, 2005:311-313), y en caballos de polo chilenos se determinó un 46% de casos positivos (Lapointe y col, 1994: 482-485).

Con respecto a este resultado, se debe considerar que a través de la endoscopia se pueden provocar sangrados iatrogénicos, o subestimar y pasar por alto focos de sangre dependiendo de la experticia del observador,

haciendo de ésta, una técnica subjetiva (Epp,2009: 527-532). Por otro lado en este estudio la observación endoscópica se realizó 60 minutos después de finalizado el ejercicio de los caballos, lo que está dentro del rango de 30-90 minutos lo que aumenta la probabilidad de observar sangre (Schalm y col ,1975: 15-81), sin embargo, debido a falta de tiempo, no se pudo repetir la observación endoscópica 60-90 minutos posteriores al primer examen, lo que aumentaría la probabilidad de observar sangre (Doucet y Viel, 2002: 195-202), además, la prevalencia podría verse subestimada, porque sólo se realizó una observación después de un ejercicio, mientras que se señala que para equinos de deporte la prevalencia aumenta en un 87% si estos se observan después de tres carreras (Schalm y col, 1975: 15-81). Finalmente la baja prevalencia puede tener relación con el hecho de que no se desarrolló un ejercicio de gran intensidad en un corto periodo de tiempo, lo anterior considerando que algunos estudios han encontrado una relación entre la presentación de HPIE y la velocidad de aceleración de 17 metros por segundo (m/s) alcanzada al inicio de una carrera (Moran y col, 2003: 109-113).

En cuanto a la diferencias considerando el sexo, sólo en equinos de silla se presentó dependencia entre la presentación de HPIE con las hembras del grupo. En la literatura existe divergencia en cuanto a este tema. En estudios sobre HPIE en caballos de polo chilenos no se encontró relación entre el sexo y la presentación (Lapointe y col, 1994: 482-485), tampoco se encontraron diferencias entre sexo en el estudio de criollos chilenos (Araya y col, 2005: 311-313). Otros autores a diferencia del anterior, sí observaron mayor prevalencia en hembras (Kohnke, 1986: 32, Derksen y col, 1992: 15-21 y Lapointe y col, 1994: 482-485).

En este estudio el promedio del VGA fue de 32+/- 2%, lo que se considera medio a bajo si se compara con rangos establecidos como normales de VGA de 24-44% (Newton, 2008). A su vez las pruebas estadísticas realizadas tanto para equinos de silla como para equinos con carga no mostraron dependencia entre el valor del VGA y la HPIE.

Con respecto a esto, se cree que el aumento de la viscosidad sanguínea contribuiría a la ruptura de capilares sanguíneos (Art y col, 2002:), no sólo por incrementar la presión arterial sino que además podría existir equinocitosis, lo que rompería los capilares, sin embargo, no se han encontrado mayores o menores concentración en equinos con HPIE (Newton, 2006:7). Por lo mismo un VGA de medio a bajo podría contribuir a la baja presentación de HPIE como la observada en este estudio.

Conclusiones

La presencia de HPIE en los caballos criollos patagónicos está muy por debajo de los valores de los equinos de otras disciplinas. Esto se debería a que el origen sería multifactorial por lo que la baja de su incidencia estaría radicada en la ausencia de uno o varios factores determinantes, ya sea de manera asociativa como individual, como son las enfermedades respiratorias, malformaciones de las vías aéreas, VGA alto y problemas respiratorios crónicos.

La ejecución de sólo una observación endoscópica por animal podría incidir en la subestimación de la prevalencia de HPIE, lo anterior debido a que un ejercicio no suficientemente intenso sería insuficiente para la manifestación clínica de la enfermedad.

La clasificación del grado de HPIES se puede ver afectada por la experticia del observador, siendo esta determinante para instaurar un tratamiento.

Cabe destacar que los equinos patagónicos no son considerados en ninguna disciplina Ecuestre, y no existe bibliografía que indique que estén inscritos en alguna categoría deportiva, por lo que faltan estudios en esta materia.

Referencias

Araya O., P. Palma, H. Bustamante, L. Vits (2005). Endoscopic determination of exercise-induced pulmonary haemorrhage in Chilean Criollo horses. *The Vet. J.* 169.

Art T., W. Bayly, P. Lekeux (2002). Pulmonary function in the exercising horse. *IVIS*.

Art T., P. Lekeux (2005). Exercise-induced physiological adjustments to stressful conditions in sports horses. *Liv. Pro. Sci* 92..

Birks E., O. Mathieu-Costello, Z. Fu, W. Tyler, J. West (1997). Very high pressures are required to cause stress failure of pulmonary capillaries in Thoroughbred racehorses. *J Appl Physiol* 82.

Birks E.K., M.M. Durando, S. McBride (2003). Exercise-induced

pulmonary hemorrhage. *Vet. Clin. Equine* 19.

Derksen F.J., R. Slocombe, P. Gray (1992). Exercise induced pulmonary hemorrhage in horses with experimentally induced allergic lung disease. *Am. J. Vet. Res.* 53.

Doucet M., L. Viel (2002). Clinical, radiographic, endoscopic, bronchoalveolar lavage and lung biopsy findings in horses with exercise-induced pulmonary hemorrhage. *Can Vet J* 43..

Epp S. T. (2009). The effectiveness of immunotherapy in treating exercise-induced pulmonary hemorrhage. *J. Eq. Vet. Sci.* 29.

Erickson H., D. Poole, C. Kindig (2000). Current status of exercise-induced pulmonary hemorrhage: a new concept for prevention. *Coll of Vet Med.*

Erickson H. (2000). A Review of Exercise-induced Pulmonary Hemorrhage and New Concepts for Prevention. *Bayer Exc Equin Re Aw Recp.*

Hon J., S. Cueva, C. Alzamora, J. Arias (2008). Endoscopia traqueal en el diagnostico de casos subclinicos de hemorragia pulmonar inducida por ejercicio en caballos de carrera. *Rev Inv Vet Perú* 19..

Jones W.E. (2003). What do we know today about EIPH? *J. Equi. Vet. Sci.* 23.

Kindig C., P. McDonough, M. Finley, B. Behnke, T. Richardson, D. Marlin, H. Erickson, D Poole (2001). NO inhalation reduces pulmonary arterial pressure but not hemorrhage in maximally exercising horses. *J Appl Physiol* 91.

Kohnke J. (1986). Helth care and common problems of horses. *Vet search international*. Copyright Medical Research Pty. Ltda.

Lapointe J. M., A. Vrins, E. McCarvull (1994). A survey of exercise-induced pulmonary hemorrhage in Quebec Standardbreds racehorses. *Equine Vet. J.* 6.

Moran G., R. Carrillo, B. Campos (2003). Evaluación endoscópica de hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio en equinos de polo. *Arch. med. vet.*, 35.

Moran G., O. Araya (2003). Hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio en el caballo: una revisión. *Arch. Med. vet.* 35.

Newton JR. (2006). Epidemiology of EIPH. En: Exercise-Induced Pulmonary Haemorrhage: State of Current Knowledge. Vancouver, Canada. Havemeyer Foundation Workshop,

Newton S M. (2008). An endoscopic and immunopathological study of respiratory tract disorders in thoroughbred racehorses. *Doctoral Thesis*. Pretoria, Sudafrica, University of Pretoria, Companion Animal Clinical Studies.

Schalm O.W., N.C. Jain, E.J. Carrol (1975). *Veterinary Hematology 3rd. ed.* Philadelphia Pa Lea and Febiger.

Semeco E., J. Falcón, I. Vivas, M. Fernández, N. Rodríguez, A. Básalo, T. Muñoz, D. González (2006). Eficacia de la pentoxifilina en el tratamiento de la hemorragia pulmonar inducida por el ejercicio en equinos purasangres de carreras. *Rev. Cient.* 16.

Weideman H, S Schoeman, G Jordan (2004). A genetic analysis of epistaxis as associated with EIPH in the Southern African Thoroughbred. *Sou. Afr. J An. Sci.* 34.

Wickler SJ, M Greene (2003). The horse and high altitude. *Cli. Tech. Equi. Prac.* 2.

Wittwer F, H Böhmwald (1983). *Manual de Patología Clínica Veterinaria*. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Adaptación del método de Diferencias de Temperatura Equivalente Total (DTET) para el cálculo de las cargas térmicas de envolventes opacas en Venezuela

Carlos Araujo, Alejandro Colman*, Juan González*, Alejandro Osorio*, Vanessa Pajares*.*

RESUMEN

Una dificultad común en la estimación de la carga térmica es que los procedimientos y estándares internacionales se desarrollan para configuraciones de paredes y techos que no se adecúan a la realidad constructiva de las edificaciones en Venezuela. El objetivo de este trabajo es adaptar a la realidad venezolana el método Diferencia de Temperatura Equivalente Total (DTET), empleado para la estimación de cargas térmicas en envolventes opacas exteriores. Para ello, se modela la carga térmica como un problema unidimensional de conducción periódica asumiendo un sólido semi-infinito, obteniéndose las ecuaciones para la atenuación y retardo térmico de la configuración estudiada. Luego, con las temperaturas sol-aire de la localidad a evaluar, se procede a calcular los DTET deseados según los lineamientos de la ASHRAE. De la comparación de los resultados con los obtenidos por otros autores, se concluye que la adaptación propuesta es un procedimiento válido para su aplicación en Venezuela.

PALABRAS CLAVE: Carga térmica, DTET, Retraso térmico, Atenuación térmica.

* Laboratorio de Simulación Computacional, Departamento de Energía, Escuela de Ingeniería Mecánica, Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia, Maracaibo 4001-A, Venezuela. Telefax (0261) 4128794. cdaraujo@fing.luz.edu.ve

Adaptation of Total Equivalent Temperature Differences Method (TETD) to Calculate Thermal Loads of Opaque Coverings in Venezuela

ABSTRACT

It is quite common to find a difficulty while estimating thermal load: procedures and international standards are developed for walls and roofs which are not adequate to building reality in Venezuela. Hence, adapting the Total equivalent temperature difference method employed to estimate thermal loads in outdoor opaque coverings to Venezuelan reality constitutes the main purpose of this work. To achieve this goal, thermal load is modeled as a one-dimensional problem of periodic conduction assuming a semi-infinite solid, so equations for attenuation and thermal delay of the studied configuration are obtained. Then, TETD are calculated according to ASHRAE guidelines along with sun – air temperatures of the site to be tested. Once results are compared to those obtained by other authors, it is concluded that the proposed adaptation is a valid procedure to be applied in Venezuela.

Keywords: thermal load, TETD, thermal delay, thermal attenuation.

Introducción

La ubicación geográfica de Venezuela hace que el clima del país sea tropical. De hecho, según Rosales (2007) en muchas de sus principales ciudades, donde se concentra la mayor parte de la población, existe un predominio de la región climática cálida húmeda durante todo el año. Debido a estos efectos climáticos es común que las edificaciones venezolanas estén dotadas de equipos de acondicionamiento ambiental, razón por la cual, el estudio de carga térmica de estos recintos constituye un aspecto primordial para evitar el derroche de energía por sobre dimensionamiento de los sistemas a instalar.

Ahora bien, producto de la ausencia de normativas venezolanas para el cálculo de la carga térmica, lo usual es emplear los procedimientos y metodologías establecidos por la Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). La desventaja de

emplear estos procedimientos, según Colman et al (2012) es que no están adaptados a la realidad de los sistemas constructivos comúnmente empleados en nuestro país, teniéndose que emplear algún tipo de equivalencia que introduce incertidumbres en las estimaciones obtenidas.

Este trabajo se focaliza en el método de “Diferencia de Temperatura Equivalente Total” (DTET) o sus siglas en inglés (TETD), presentado por primera vez en el manual de la ASHRAE en 1967. Según afirma Tousif Ahmed (2012), este método es uno de los preferidos para cálculos hecho a mano conjuntamente con el método CLTD / CLF, siendo este último de aparición más reciente. El método DTET considera los efectos de la radiación solar, radiación térmica, convección, conducción, así como el color de la superficie, orientación, sitio de estudio, para la estimación de carga térmica en superficies opacas en contacto con el ambiente exterior.

A fin de adaptar el método DTET a la realidad venezolana, Almao et al (1998) propusieron un procedimiento mediante el cual, empleando un modelo de simulación basado en técnicas de dinámica de fluidos computacional, se reproduce la onda de calor con un rango diario que ingresa en una pared de una configuración predeterminada, para una condición exterior típica de la ciudad de Maracaibo-Venezuela. Mediante el modelo, se derivan el factor de atenuación y el retraso térmico que caracteriza a la envolvente estudiada y, posteriormente, con los datos promedio de temperatura sol aire mensual se obtiene los valores de DTET, los cuales se tabulan para aplicarse en un procedimiento de un solo paso.

Los resultados obtenidos por Almao et al (1998), dieron lugar a una extensa base de datos con configuraciones de paredes y techos de uso común en Venezuela. Estos datos fueron incorporados por Andrade y Marín (2004) a un programa interactivo para el diseño de sistemas de acondicionamiento ambiental en oficinas de atención al público, pero en principio, dicho programa sólo era aplicable a la ciudad de Maracaibo. Posteriormente, una revisión cuidadosa del programa realizado por Farías y Rincón (2007) demostró que la aplicación del mismo era extensible a ciudades venezolanas de características climáticas similares a Maracaibo.

No obstante, la desventaja del procedimiento empleado por Almao et al (1998) es que, si se requiere el estudio de una nueva configuración, o cambiar la localización o ciudad en estudio, entonces debe ejecutarse un modelo de simulación computacional complejo con el fin de obtener la atenuación y

el retraso térmico. Lo anterior no resulta práctico y requiere que el usuario tenga un alto nivel de experticia en el área de dinámica de fluidos computacional para poder abordar una situación no tabulada.

Por tal motivo, el presente trabajo plantea la estimación del factor de atenuación y el retraso térmico mediante un modelo matemático unidimensional sencillo, que posea solución analítica, con el fin de derivar las ecuaciones matemáticas exactas de estas propiedades en las configuraciones estudiadas.

Para la validación del procedimiento, se compara los valores de carga térmica obtenidos en este trabajo con los alcanzados por Farías y Rincón (2007) usando el método Serie de Tiempo de Radiación (STR). Pese a ser una comparación entre modelos, la razón por la cual se toma como referencia el método STR, es que este resulta de una simplificación del método de balance de calor (MBC), considerado como el procedimiento más exacto para la estimación de carga térmica. Además, como señala Chantrasrisalai et al (2003) el MBC y STR ajusta muy bien en un amplio rango de casos cuando se compara con mediciones de campo. Finalmente, el mismo procedimiento de validación se aplica a los resultados obtenidos por Almao et al (1998).

1. Consideraciones generales

1.1. Estimación de la atenuación y retardo térmico

Para la estimación de la atenuación y retardo térmico, inicialmente se modela el fenómeno de transferencia de calor a través de una superficie opaca, como un caso unidimensional de conducción periódica considerando un sólido semi-infinito.

Suponga que dicho sólido tiene una cara expuesta a un ambiente exterior que impone una temperatura superficial periódica $T(0,t)$, la cual se supondrá sinusoidal por simplicidad, con una amplitud T_0 y frecuencia n determinada. Si el extremo opuesto o interior se encuentra a gran profundidad y a una temperatura uniforme y constante $T(\infty,t)$, entonces la diferencia de temperatura es:

$$\Delta T = T(x,t) - T(\infty,t) = \Delta T_0 e^{-x\sqrt{\frac{n}{\alpha}}} \text{sen} \left(2\pi n t - x\sqrt{\frac{n}{\alpha}} \right) \quad (1)$$

Donde

$$\Delta T_0 = T(0,t) - T(\infty,t) = T_0 \text{sen}(2\pi n t) \quad (2)$$

La diferencia de temperatura da lugar un flujo de calor, sin embargo, el paso de energía a través del sólido no es instantánea, más bien, tardará cierto tiempo dando lugar a un retraso cuya magnitud depende de las propiedades termo físicas del material. El problema planteado tiene solución analítica. Según Monroy (1995), la ecuación exacta para el retraso térmico (δ) y la atenuación (λ) puede ser escrita respectivamente como:

$$\delta = 1,382 b \sqrt{\frac{1}{D}} \quad (3)$$

$$= e^{-b \sqrt{\frac{\pi \cdot n}{D}}} \quad (4)$$

Donde

$$D = \frac{k}{ce \cdot \rho} \quad (5)$$

Siendo D la difusividad térmica (m²/h); b el espesor del material (m); k la conductividad térmica (W/m.K); ce el calor específico (J/kg.K); ρ la densidad (kg/m³) y n la frecuencia típica de ciclos diarios de temperatura (1/86400 [s⁻¹]).

En estas ecuaciones, si la pared a evaluar está compuesta por varios tipos de materiales, se establece el valor de la propiedad equivalente P_{eq} mediante un promedio ponderado por la masa (Suleiman, 2012). De esta forma, la propiedad equivalente dada por la ecuación (6) representa un comportamiento similar al que arrojaría una pared conformada por un solo material que posea esta misma propiedad.

$$P_{eq} = \frac{P_1 \cdot m_1 + P_2 \cdot m_2 + \dots + P_n \cdot m_n}{m_T} \quad (6)$$

Donde $i=1\dots n$, representa tipos de materiales, P_i la propiedad a ponderar, que puede ser: densidad, calor específico o conductividad térmica, m_i la masa por tipo de material, m_T la masa total.

A fin de emplear las relaciones antes descritas en el análisis de una envolvente cualquiera, se debe suponer que los valores de atenuación y retraso térmico son mayormente influenciados por la frecuencia de la onda de calor que por la forma que esta exhiba. La experiencia indica que la forma de la onda de calor estará distorsionada en relación a la sinusoide supuesta en el análisis del modelo unidimensional. Esto es especialmente cierto en el

casos de las paredes, aunque para techos, la ganancia de calor se aproxima mejor al comportamiento supuesto, debido a la interacción por radiación de la envolvente solamente con la bóveda celeste. Por tal motivo, el análisis de los resultados se concentrará en las paredes.

1.2. Estimación de la Diferencia de Temperatura Equivalente Total (DTET)

Para la estimación de la Diferencias de Temperaturas Equivalentes Total, se requiere además de la atenuación y del retardo térmico, las características del ambiente exterior en la localidad a estudiar. Según Ortiz (2005) dichas características vienen dadas por la temperatura sol-aire que puede calcularse como:

$$T_{sa} = T_e + \frac{\alpha + E_T}{h_o} - \frac{\varepsilon * \Delta R}{h_o} \quad (7)$$

Dónde T_{sa} es la temperatura sol-aire; T_e es la temperatura exterior que puede obtenerse como dato para la zona en consideración; α es el coeficiente de absorción; h_o es el coeficiente superficial; E_T es la irradiación solar total que incluye la suma de la radiación solar directa, la radiación difusa y la radiación solar reflejada desde las superficies circundantes; (α/h_o) el factor de color de la superficie (0.15 para color claro y 0.30 para color oscuro) y $(\varepsilon * \Delta R/h_o)$ el factor de radiación de onda larga que vale -3.9°C para una superficie horizontal y 0°C para una superficie vertical.

Luego, según ASHRAE (1997) el valor del diferencial de temperatura total equivalente se obtiene como:

$$DTET = t_{sa} - t_i + \lambda(t_{e\delta} - t_{sa}) \quad (8)$$

Donde t_{sa} es el promedio diario de temperatura sol-aire, incluyendo la consideración del color de superficie; t_i es la temperatura del aire interior; λ el factor de decremento efectivo o atenuación y $t_{e\delta}$ es la temperatura sol-aire δ horas antes de la hora de cálculo para la cual se requiere el TETD.

1.3. Cálculo de la carga térmica a través de una superficie opaca exterior

El cálculo de la carga térmica se efectúa a partir del valor de DTET usando una expresión que tiene la forma de la Ley de Enfriamiento de Newton. Para ello, es necesario estimar el coeficiente global de transferencia de calor

U de la pared. Según Ortiz (2005), el cálculo se efectúa mediante el método de los planos isotérmicos, donde las resistencias de componentes adyacentes se combinan en paralelo, resultando en resistencias efectivas que luego se disponen en serie. Finalmente, el coeficiente global de transferencia de calor se obtiene como el recíproco de la suma de las resistencias efectivas.

De este modo, la carga térmica a través de la estructura se estima como:

$$Q_s = UA(DTET) \quad (9)$$

Donde A es el área de transferencia.

1.4. Metodología de la investigación

En esta investigación se analizan en detalle dos casos de estudio que corresponden a envolventes típicas de las edificaciones venezolanas. El primer caso consiste en una pared de concreto armado de 10 cm y el segundo consiste en una pared de bloque de arcilla de 10 cm de espesor, tres cavidades, frisado 1,5 cm. En ambos casos, se estima la carga térmica para las orientaciones cardinales principales (Norte, Sur Este y Oeste) y las intermedias (Noreste, Noroeste, Sureste y Suroeste).

Para la estimación de la carga térmica, se calculan los coeficientes globales de transferencia de calor U mediante el método de planos isotérmicos, descrito por Cengel y Ghajar (2012), los cuales se validan al ser comparados con los resultados obtenidos por el programa Carrier HAP45 para las configuraciones de envolventes estudiadas en este trabajo.

En ausencia de valores experimentales para la validación del procedimiento propuesto, se toma como patrón de comparación los resultados obtenidos por Farías y Rincón (2012) para las configuraciones y localidades estudiadas en este trabajo. Estos autores emplearon el método Serie de Tiempo de Radiación (STR) considerado por la ASHRAE como unos de los procedimientos más exactos para la estimación de la carga térmica.

La técnica de análisis empleada en esta investigación es la regresión por mínimos cuadrados (Chapra y Canale, 2007). En el análisis se considera como datos para el ajuste, los resultados de carga térmica (Q) hora a hora a través del método de series de tiempo para radiación. Luego se impone como curvas de tendencias los resultados de carga térmica obtenidos mediante el método DTET, según la metodología de Almao et al (1998) y la metodología

propuesta en este trabajo.

Finalmente, la bondad del ajuste dada por el coeficiente de determinación r^2 se emplea como criterio de aceptación de los resultados ya que es un indicador de la equivalencia entre los procedimientos estudiados.

2. Resultados

En la Figura 1, se muestra el comportamiento de la carga térmica para una pared de concreto armado de 10 cm orientada al norte en la ciudad de Maracaibo, comparándose los resultados obtenidos por Farías y Rincón (2012) usando el método STR y el método DTET mediante el procedimiento de estimación de atenuación y retardo térmico propuesto en este trabajo.

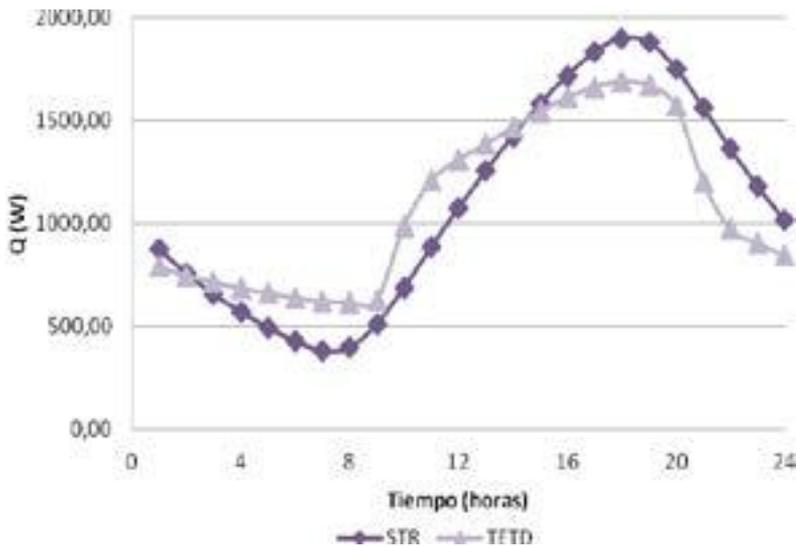


Figura1: Comparación entre la carga térmica obtenida por el método STR y el método DTET bajo el procedimiento propuesto en este trabajo.

Adicionalmente, en la Figura 2 se compara los resultados obtenidos por Farías y Rincón (2012) usando el método STR y el método DTET mediante el procedimiento de estimación de atenuación y retardo térmico propuesto por Almaso et al (1998).

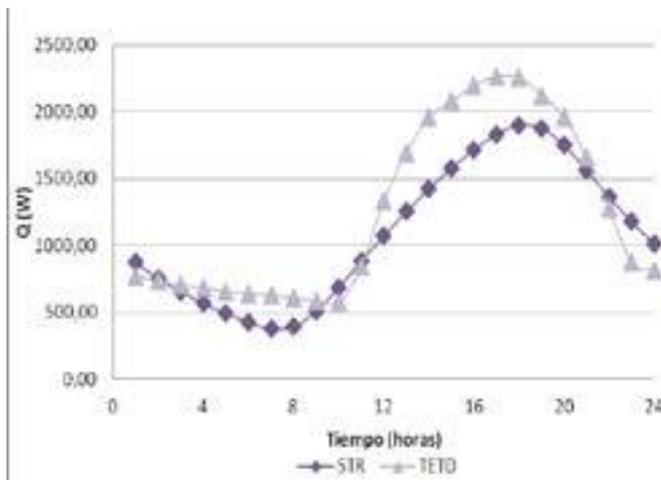


Figura 2: Comparación entre la carga térmica obtenida por el método STR y el método DTET bajo el procedimiento propuesto por Almao et al (1998)

Como se observa, en ambas figuras existe una tendencia similar entre las curvas obtenidas mediante las diferentes metodologías para el cálculo de DTET y la curva del método STR. Es importante destacar que para las demás orientaciones se presenta un comportamiento semejante, razón por la cual no se muestran. Ahora bien, a fin de extender el análisis a todas las orientaciones y establecer un criterio cuantitativo de comparación, se emplea el método de residuos ponderados. La Tabla 1, muestra los coeficientes de determinación cuando se emplea la metodología propuesta en esta investigación y la metodología descrita por Almao et al (1998), para los dos casos de estudio.

Tabla 1. Coeficiente de determinación para pared de concreto y pared de bloque de arcilla

| | Coeficiente de determinación r^2 | | | | | | | |
|--|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | N | NE | E | SE | S | SO | O | NO |
| Concreto Armado (Propuesta) | 0,84 | 0,79 | 0,79 | 0,81 | 0,85 | 0,83 | 0,82 | 0,82 |
| Concreto Armado (Almao v Col. 1998) | 0,71 | 0,75 | 0,36 | 0,67 | 0,11 | 0,79 | 0,87 | 0,86 |
| Pared de bloque de arcilla (Propuesta) | 0,76 | 0,74 | 0,74 | 0,75 | 0,77 | 0,76 | 0,76 | 0,76 |
| Pared de bloque de arcilla (Almao v Col. 1998) | 0,67 | 0,77 | 0,76 | 0,69 | 0,00 | 0,75 | 0,83 | 0,82 |

Nótese que, en el caso de la propuesta de este trabajo, para las dos configuraciones y en todas las orientaciones, los valores de coeficiente de determinación obtenidos son superiores a 0,74, donde el valor de 1 representa la equivalencia plena. Esto indica que la estimación de la atenuación y retardo térmico con el modelo unidimensional, no desvía sustancialmente la estimación de la carga térmica, es decir, es comparable al método STR bajo las situaciones estudiadas.

Por otra parte, cabe resaltar que los resultados obtenidos con la propuesta de Almaso et al (1998), también presentan un buen ajuste, sin embargo, el procedimiento descrito en este trabajo alcanza coeficientes de determinación ligeramente superiores en seis de las ocho orientaciones analizadas. Como consecuencia, se considera que las dos propuestas de adaptación son equivalentes, solamente que en la propuesta de este trabajo se evita la necesidad de emplear un algoritmo de dinámica de fluido computacional.

A fin de extender la aplicación del procedimiento a distintos tipos de configuraciones, se estimó las propiedades termo físicas equivalentes, así como, los valores de atenuación y retraso, para las paredes típicas en Venezuela mostradas en la Tabla 2. Con la información proporcionada en dichas Tablas y los valores de temperatura sol aire del sitio de estudio, es posible obtener los valores de DTET usando la ecuación (9).

Tabla 2. Propiedades de configuraciones de paredes típicas en Venezuela

| Configuración | K_{eq} (W/m*K) | $C_{eq} C_{eq}$ (J/Kg*K) | ρ_{eq} ρ_{eq} (Kg/ m ³) | δ (h) | ζ | U (W/ m ² *K) |
|--|---------------------|-----------------------------|---|-----------------|---------|----------------------------------|
| Pared de Bloque de arcilla de 10cm (6 cavidades) + 2cm de friso | 1,11 | 898,09 | 2101,37 | 3,61 | 0,389 | 2,50 |
| Pared de Bloque de arcilla de 15cm (9 cavidades) + 2cm de friso | 1,02 | 866,41 | 2099,27 | 5,23 | 0,25 | 1,97 |
| Pared de Bloque de concreto de 10cm (3 cavidades) + 2cm de friso | 1,40 | 890,90 | 2168,28 | 3,25 | 0,43 | 3,18 |
| Pared de Bloque de concreto de 15cm (3 cavidades) + 2cm de friso | 1,40 | 888,39 | 2166,50 | 4,59 | 0,30 | 2,88 |
| Pared de concreto armado de 10cm | 1,40 | 837,00 | 2200,00 | 2,64 | 0,50 | 4,25 |
| Pared de concreto armado de 10cm + 2cm de friso | 1,40 | 863,44 | 2188,64 | 3,21 | 0,43 | 4,01 |

Tabla 2. Propiedades de configuraciones de paredes típicas en Venezuela

| Configuración | K_{eq} (W/m ² *K) | C_{eq} C_{eq} (J/Kg*K) | ρ_{eq} ρ_{eq} (Kg/m ³) | δ (h) | ζ | U (W/m ² *K) |
|---|-----------------------------------|-------------------------------|--|-----------------|---------|------------------------------|
| Pared de concreto armado de 15cm + 2cm de friso | 1,40 | 855,64 | 2192,00 | 4,53 | 0,31 | 3,51 |
| Pared de concreto armado de 20cm + 2cm de friso | 1,40 | 851,39 | 2193,82 | 5,85 | 0,22 | 3,12 |
| Pared de ladrillo de 6x10x20cm (3 cavidades) + 1.5cm de friso | 1,08 | 888,24 | 2089,75 | 3,47 | 0,40 | 3,31 |
| Pared de ladrillo de 6x10x20cm (3 cavidades) + 2cm de friso | 1,10 | 894,60 | 2091,66 | 3,61 | 0,39 | 3,27 |
| Pared de ladrillo de 6x12x25cm (3 cavidades) + 2cm de friso | 1,08 | 886,74 | 2091,00 | 4,23 | 0,33 | 3,14 |
| Pared de ladrillo de 6x10x20cm (macizo) + 2cm de friso | 1,06 | 881,75 | 2093,71 | 0,39 | 3,64 | 3,59 |
| Pared de ladrillo de 6x12x25cm (macizo) + 2cm de friso | 1,05 | 878,31 | 2092,66 | 4,26 | 0,33 | 3,35 |

Aunque no se discute en detalle en este trabajo, con un procedimiento análogo se puede estimar la ganancia a través de techos. Para ello, se presenta en las propiedades equivalentes, así como, los valores de atenuación y retraso para configuraciones típicas de techos en la Tabla 3. Finalmente, conviene destacar que los valores de coeficiente global de transferencia de calor mostrados fueron validados con el software de Carrier HAP45.

Tabla 3. Propiedades de configuraciones de techos típicas en Venezuela

| Configuración | K_{eq} (W/m ² *K) | C_{eq} C_{eq} (J/Kg*K) | ρ_{eq} (Kg/m ³) | δ (h) | ζ | U (W/m ² *K) |
|--|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------|---------|------------------------------|
| Losa nervada (4cm poliuretano +1cm impermeabilizante +1cm friso) | 1,12 | 945,69 | 2060,71 | 5,61 | 0,23 | 0,58 |
| Concreto armado de 10cm +3mm de impermeabilizante +1cm friso | 1,38 | 857,36 | 2183,60 | 3,03 | 0,45 | 4,35 |
| Concreto armado de 15cm +3mm de impermeabilizante +1cm friso | 1,39 | 851,08 | 2188,66 | 4,35 | 0,32 | 3,76 |
| Techo de tablon de 60cm +3mm impermeabilizante +1cm friso | 4,34 | 828,52 | 2500,50 | 2,07 | 0,58 | 3,80 |
| Techo de tablon de 80cm +3mm impermeabilizante +1cm friso | 3,60 | 834,09 | 2418,90 | 2,24 | 0,56 | 3,68 |

Conclusiones

Del análisis de los resultados obtenidos, se concluye que el procedimiento de cálculo de la atenuación y retraso térmico, mediante un modelo de conducción periódica considerando un sólido semi-infinito, empleado en la estimación de la carga térmica con el método DTET, es equivalente a los alcanzados por el método STR. En consecuencia, el procedimiento propuesto en este trabajo es apropiado para la estimación de la carga térmica, sin la necesidad de recurrir al uso de un modelo computacional sofisticado; lo que brinda al usuario pleno control del método de cálculo, brindando una mayor versatilidad y simplicidad a la hora de abordar nuevas configuraciones de paredes y techos en distintas localidades del país.

Finalmente, debe tenerse presente que la validación presentada se ha realizado respecto al modelo STR, por lo que, es recomendable realizar mediciones de campo para establecer errores más que desviaciones entre modelos. Esto implicaría mediciones de campo de la radiación total en las locaciones de interés a fin de obtener valores corregidos de temperatura sol-aire y de esta manera establecer los errores en la estimación del DTET.

Agradecimientos

A la empresa Central Aire C.A, por el uso del programa Carrier HAP45.

Referencias

Almao, N.; Rincón, J. y González, E. (1998). "EVITA: Modelo Computacional para la Evaluación de Viviendas Térmicamente Adaptadas", Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia, Vol. 21, No. 1, Páginas 74-84.

American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers. "Fundamentals Handbook". (1997). Chapter 28, Nonresidential cooling and heating load calculation procedures. Atlanta. EE.UU.

Andrade y Marin (2004), "Programa interactivo para el diseño de sistemas de acondicionamiento ambiental en oficinas de atención al público". Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Universidad del Zulia, Maracaibo Venezuela.

Cengel, Y. y Ghajar, A. (2012). Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. Cuarta Edición. Mc Graw Hill.

Chantrasrisalai, C.; Fisher, D.; Lu, I. y Eldridge, D. (2003). "Experimental Validation of Design Cooling Load Procedures: The Heat Balance Method", ASHRAE Transactions. 109(2):160-173.

Chapra, S. y Canale, R. (2007). Métodos numéricos para ingenieros. Quinta edición. México. Editorial McGraw Hill Interamericana, 468-472.

Colman Alejandro, Lesvia Pérez, David Romero. (2012). Metamodelado como metodología definidora de criterios de distribución de la ventilación artificial en recintos arquitectónicos. Capítulo del Libro La competitividad institucional en el siglo XXI. Ediciones del Vicerrectorado Académico. Universidad del Zulia. Primera Edición.

Farías, D. y Rincón. G. (2012). "Estudio comparativo de los métodos de diseño de sistemas de acondicionamiento ambiental". Trabajo especial de grado para optar al título de Ingeniero Mecánico, Departamento de Energía, Universidad del Zulia, Maracaibo-Venezuela.

Monroy, M. (1995). "Comportamiento térmico de cerramientos soledados", Tesis Doctoral, Departamento de Construcción Arquitectónica, Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.

Ortiz, N. (2005). Aire acondicionado. Teoría y práctica. Primera edición. Maracay, Venezuela. Editorial FUNDACITE.

Rosales, L. (2007). "Zonas climáticas para el diseño de edificaciones y diagramas bioclimáticos en Venezuela", Tecnologías y Construcción, Vol. 23, No.1 Paginas 45-60.

Suleiman, Bashir M. (2012), "Thermal Load Calculations of Multilayered Walls". World Academy of Science, Engineering and Technology. Volume 6. Number 4. Pages 626 – 631.

Tousif Ahmed. (2012). "Software Development for Cooling Load Estimation by CLTD Method". IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering. Volume 3. Issue 6. Pages 01-06

Articulación entre la escala global y local. Caso: Fórum de las Culturas, Barcelona, 2004

*Patricia López-Goyburu**

RESUMEN

Barcelona se ha convertido en un nodo de la red de ciudades y el Fórum de las Culturas ha sido la última intervención urbana que ha buscado mantenerla en dicha red. Se pretende comprender la realidad de estos nodos a fin de que la planificación física de los mismos incluya las características globales sin ir en detrimento de las locales. Para ello se propone analizar y evaluar los efectos espaciales que ha tenido la articulación entre lo local y lo global en Barcelona a través del Fórum de las Culturas, desde un punto de vista teórico y a partir de tres campos: el económico, el infraestructural y el morfológico. Los resultados muestran que el proyecto ha permitido compatibilizar la permanencia en la red global de ciudades sin negar la ciudad local.

PALABRAS CLAVE: global-local, Fórum de las Culturas, Barcelona, globalización

*Arquitecta (UBA)-Magister en Urbanismo (UPC)-Magister en Planificación y Gestión Sostenible (UPM), Instituto de Arte Americano (FADU-UBA), plopezgoyburu@gmail.com.

Articulation Between Global and Local Scale. Case: Forum of Cultures, Barcelona, 2004

ABSTRACT

Barcelona has become a node of the network of cities and the Forum of Cultures has been the last urban intervention trying to keep it in that network. It is expected to understand the reality of these nodes in order to include global characteristics within physical planning without detriment of the local ones. To achieve this objective, to analyze and evaluate special effects that articulation among the global and local has had in Barcelona through the Forum of Cultures is proposed from a theoretical point of view and starting from three fields: the economic, the infrastructural and the morphologic. Results have shown that the project has combined the stay in the global network of cities without denying local town.

KEYWORDS: global-local, Forum of Cultures, Barcelona, globalization.

Introducción

En una era de internacionalización de las ciudades, la articulación entre lo global y lo local adquiere una creciente y central importancia para el desarrollo equilibrado del territorio. La escala global es aquella definida por el espacio de los flujos mientras que la escala local se encuentra determinada por el espacio de los lugares. El espacio es una relación de productos materiales a través del cual se pueden evidenciar los cambios producidos por la globalización. La transformación estructural de la sociedad que ha producido este hecho ha invitado a pensar en el origen de nuevas formas espaciales. Se puede observar un cambio en la definición de ciudad. El espacio rural, hasta tiempos recientes externo, es involucrado ahora en la construcción de las nuevas ciudades. Es un nuevo diseño de ciudad donde los sistemas de movilidad y las redes de información construyen un conjunto heterogéneo con espacios de borde urbano-rural difusos. Se ha pasado de un espacio enclaustrado con límites claros a uno articulado en redes (Castells, 1989; Borja, Castells, 1997; Sassen, 1999; Capel, 2003; Borja, 2005; Tarroja, Camagni, 2006; Woods, 2009).

La visión del mundo como una red no considera la escala global y local

como antagónicas sino como dos maneras de aproximarse a la misma red espacial. Lo local requiere articularse en red para obtener competitividad y posicionamiento mientras que la globalización no podría existir sin la localización (Castells, 1996; Borja, Castells, 1997).

La globalización ha ocasionado que los gobiernos y los agentes de desarrollo busquen una participación activa en las redes de ciudades. Esta situación también ha tenido lugar en Barcelona donde el agotamiento del modelo fordista en los años '70 ha producido cambios políticos y económicos que han llevado a la reconversión territorial de la ciudad a fin de insertarse en la red global. Se ha pasado del modelo industrial al modelo de la ciudad empresa. La ciudad se ha convertido en un nodo articulador del territorio e integrado a la red de ciudades (Ajuntament De Barcelona, 2003; Borja, Castells, 1997; Borja, 2005; Capel, 2005).

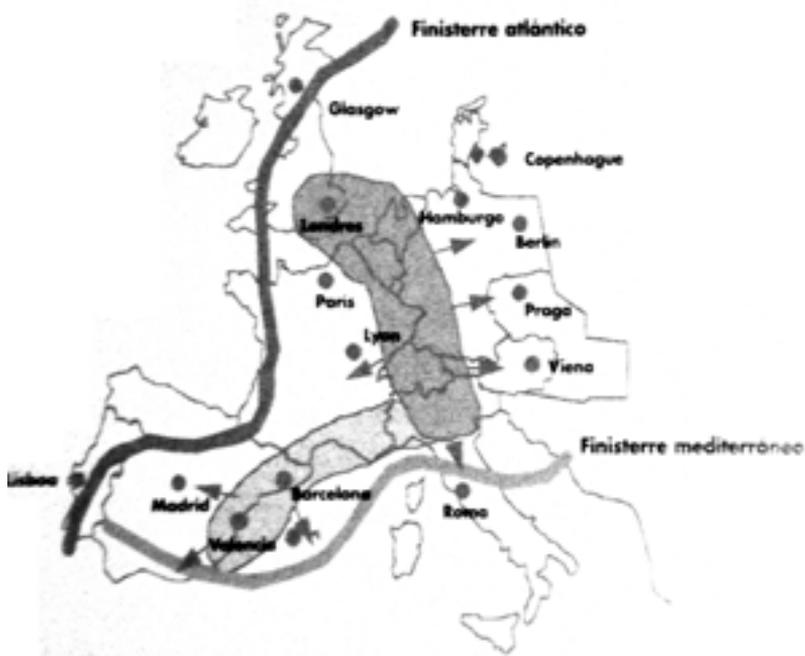


Fig. 1 El sistema de ciudades europeo – Fernández Güel, 1997

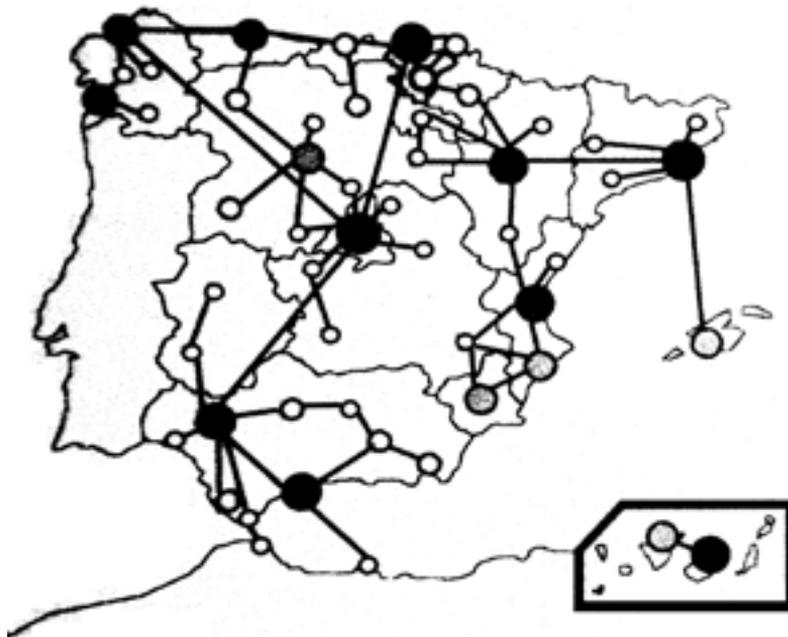


Fig. 2 El sistema de ciudades español – Fernández Güel, 1997.

Barcelona, a lo largo de su historia, ha utilizado cada acontecimiento singular que se ha desarrollado en ella para urbanizar una porción estratégica de territorio. La Exposición Universal de 1888 permitió la liberación de una ciudadela militar y la Exposición Internacional de 1929 permitió recuperar un estratégico emplazamiento militar, la montaña de Montjuïc. En 1992 la ciudad continuó con esta metodología pero agregó el objetivo de formar parte de la red de ciudades. Barcelona inició con los Juegos Olímpicos su exposición mediática a nivel mundial. Este evento posibilitó que la ciudad fuese vista por los capitales internacionales. La mediatización se convirtió en el nuevo mecanismo generador de su desarrollo (Montaner, 1999; Capella, 2004; Borja, 2005; Capel, 2005).

A partir de 1996 se comenzó a vislumbrar la posibilidad de una nueva intervención urbana en la ciudad, el Fórum de las Culturas. Esta intervención se vio concretada 8 años después, supuso una inversión de 3.200 millones de euros y ocupó una superficie de 200 hectáreas. El Fórum fue concebido

como un catalizador de una importante transformación urbana que buscaba la regeneración de un sector de la periferia de la ciudad y la proyección socioeconómica de Barcelona y, especialmente, del distrito BCN 22@ que es donde se inserta el proyecto (Montaner, 1999; Fernández-Galiano, 2004).

Las ciudades deben encontrar su rol en la nueva economía internacional, siendo el espacio de los flujos la dimensión espacial de las organizaciones que están localizadas en lugares. La lógica organizacional es espacial pero los componentes dependen de la ubicación espacial (Castells, 1989).

Esta tensión que se genera entre el espacio de los flujos y el espacio de los lugares plantea el interrogante de si es posible la coexistencia de estas dos realidades, la local y la global, en una misma ciudad. Para ello hacen falta estudios que permitan comprender dicha realidad. Por ello, en el presente trabajo se pretende analizar y evaluar los efectos espaciales de la articulación entre lo local y lo global en la ciudad de Barcelona a través del Fórum de las Culturas desde un punto de vista teórico a partir de tres campos: el económico, el infraestructural y el morfológico.

1. Lo global y lo local

La administración pública ha buscado aprovechar la imagen de Barcelona para atraer inversores y actividades; se ha pretendido transformarla en un punto de referencia, en un nodo importante de la red global a través de la venta de una imagen. La administración ha buscado mantener su inserción en la red de ciudades mediante el Fórum de las Culturas. Se ha pretendido volver a obtener la visibilidad global alcanzada con los Juegos Olímpicos a fin de continuar alentando la localización de instituciones y empresas internacionales que permiten mejorar el desarrollo local (Borja, 2005).

La participación de la administración pública en los proyectos urbanos ha incentivado la participación de los privados. La cooperación público-privada dentro de un plan estratégico de intervención ha permitido continuar con la transformación de la ciudad luego de las olimpiadas y ha facilitado a los operadores económicos abrir nuevos mercados en el exterior (Borja, 2005; Capel, 2005).

El Fórum se ha implantado en el área Besos-Diagonal. En esta zona se encontraban las infraestructuras más estratégicas de la ciudad como la depuradora, la incineradora y las centrales eléctricas. Estas instalaciones le daban un carácter residual al espacio por lo que la propuesta ha buscado

transformarlas para convertir el lugar en un espacio urbano eficiente y de calidad. El proyecto buscaba convertir el lugar en un espacio urbano acorde con su posición y centralidad. Asimismo, la localización del proyecto en la periferia de la ciudad ha permitido aumentar el valor del suelo en los espacios intermedios, revalorizándolos y convirtiéndolos en objetos de especulación (Acebillo, 2004; Borja, 2005).

Se ha buscado percibir el antiguo paisaje industrial a través de la gran escala del nuevo proyecto, el subsuelo se encuentra construido casi en su totalidad y los edificios emergen de una gran plataforma que se convierte en un gran espacio público. La morfología resultante es un encadenamiento de espacios y programas autónomos mediante la tensión que genera un gran espacio urbano público. Se manejan temas y escalas no comunes en la ciudad convencional. Es un proyecto infraestructural multicapas que articula programas por encima y por debajo del suelo y que ha tenido como objetivos principales que la ciudad se mantenga en la red de ciudades, recuperar un área degradada de la ciudad, completar el frente marítimo y resolver el final de una de las calles más importantes de la ciudad, la avenida Diagonal, con el mar (Mackay, 2000; Acebillo, 2004; Capella, 2004) (Ver Fig. 1 y 2).

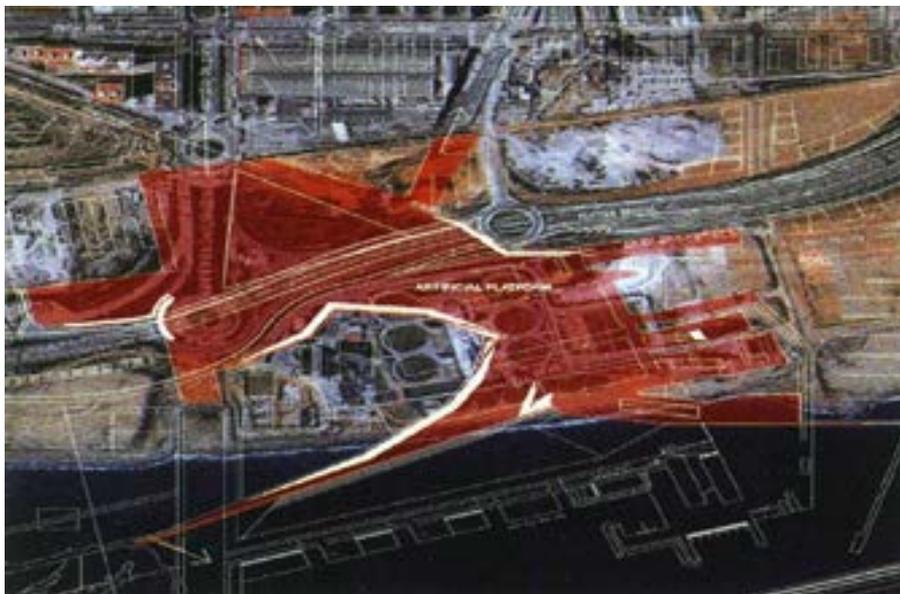


Fig. 3 Plataforma como nexo - Elaboración propia sobre imagen de Acebillo, 2004.



Fig. 4 Plataforma como articulador espacial e infraestructural - Elaboración propia sobre imagen de Acebillo, 2004.

La idea de un nuevo centro de convenciones de gran escala ha surgido por la necesidad de la ciudad de contar con un espacio para organizar congresos y convenciones para más de cinco mil personas. La tipología ha recogido los rasgos esenciales del modelo europeo del congreso hall y del convention center americano. Barcelona se ha convertido en una de las pocas ciudades europeas capaz de responder a esa demanda (Ajuntament De Barcelona, 2003; Acebillo, 2004).

El proyecto ha roto con el concepto de zonificación; se han yuxtapuesto diversas actividades como la explanada, los parques litorales, el puerto deportivo, la zona de baños, la depuradora de aguas residuales. Sumado a ello, el proyecto ha buscado convertirse en el centro de recursos del nuevo distrito (BCN 22@) mediante el zoo, el campus universitario y el centro de convenciones (Montaner, 1999; Acebillo, 2004; Cohn, 2004).



Fig. 5 Plano ubicación – Elaboración propia sobre imagen de Acebillo, 2004.

La propuesta consta principalmente de dos edificios: el Fórum de las Culturas y el centro de convenciones. Estos edificios poseen diferente tipología y morfología y están conectados mediante una rambla subterránea. Asimismo, el centro de convenciones se encuentra dividido en dos piezas de formas opuestas y programas complementarios (Fernández-Galiano, 2004).

Proyecto Fórum:

- 1-Centro de Convenciones Internacional de Barcelona
- 2-Edificio y Plaza Fórum
- 3-Conexión subterránea entre edificios
- 4-Depósito regulador de aguas pluviales
- 5-Estación depuradora de aguas residuales
- 6-Escuela de vela
- 7-Marina seca
- 8-Aparcamiento y servicios del puerto
- 9-Ecoparque
- 10-Central de climatización y recogida neumática de residuos urbanos
- 11-Futuro campus universitario
- 12-Recuperación del biotopo

El paisaje exterior está formado por el Hotel Princesa diseñado por Óscar Tusquets, el geriátrico proyectado por Clotet y Paricio, las torres del complejo Diagonal-Mar promovidas por la inmobiliaria norteamericana Hines, el centro comercial realizado por la oficina neoyorquina de Robert Stern y el parque urbano diseñado por Enric Miralles y Tagliabue que se encuentra rodeado por torres que están diseminadas en el verde, carecen de calles, poseen jardines privados, no poseen comercios en planta baja debido a la escasa densidad de viviendas y la proximidad de un gran centro comercial (Fernández-Galiano, 2004).

- 13-Parque urbano
- 14-Torre Ills del Mar
- 15-Torre Ills de la Llum
- 16-Torre Ills del Bosc

17-Torre Ills del Cel

18-Torre Ills del Lloc

19-Centro comercial

20-Hotel Princesa

21-Hotel 5 estrellas

22-Complejo Torres Diagonal Mar

Kevin Lynch (1984) afirma que los espacios públicos deben tener legibilidad a fin de permitirle a la población crear imágenes vigorosas a fin de crear, con el tiempo, una ciudad aprensible, un espacio dado por la integración de muchas partes diferenciadas y claramente vinculadas entre sí. La estructura de la imagen es rígida cuando las partes están firmemente conectadas entre sí; esto permite al observador una mayor libertad de movimiento y generar diferentes interconexiones entre los elementos.

Consideraciones finales

Barcelona ha pretendido aprovechar la imagen urbana para mantenerse en los circuitos financieros internacionales mediante la captación de inversores y visitantes que vengan a disfrutar de las ofertas de ocio y cultura. Desde el punto de vista global, el Fórum ha sido el último resultado del proceso de cambio que ha iniciado la ciudad con los Juegos Olímpicos.

Respecto al aspecto local, el área en la cual se inserta el proyecto era un gran espacio donde se emplazaban grandes infraestructuras sin ningún grado de urbanidad. La propuesta ha buscado respetar la gran escala del paisaje industrial que existía en el espacio donde se ha implantado haciendo los cambios lingüísticos necesarios para responder a los nuevos programas funcionales.

Entre los aciertos del proyecto se pueden mencionar la localización del mismo en un espacio residual, la planificación de una geografía urbana, la ganancia de terreno al mar, la resolución del encuentro entre el mar y la avenida Diagonal y la posibilidad de que Barcelona se mantenga en la red de ciudades. Asimismo, cabe señalar que la complementariedad de las funciones y la radical especificidad de los lenguajes de los dos edificios principales, el Fórum de las Culturas y el centro de convenciones, ha sido una apuesta

por la arquitectura que emana de la globalización, pero identificada con la escala y el contexto local.

En cuanto a las desventajas se puede destacar que el proyecto ha creado una barrera que ha bloqueado la primera línea de mar debido a la volumetría y a la altura de los edificios planteados. Asimismo, cabe mencionar que los edificios que bordean el parque diseñado por Miralles y Tagliabue adoptan una tipología americana que desentonan con la trama urbana de Barcelona. Más allá de los aspectos negativos mencionados, se puede concluir que el proyecto del Fórum de las Culturas ha permitido compatibilizar la permanencia en la red global de ciudades sin negar la ciudad local.

Referencias

Accebilló, Joseph Antoni (2004). Una nueva geografía urbana: las cinco ideas pragmáticas del proyecto Fórum. En: Revista Arquitectura Viva, Nro. 94-95, 2004, 44-53.

Ajuntament de Barcelona (2003). "El Fórum Universal de les Cultures" Barcelona 2003 conferència de: Joan Clos i Matheu (Barcelona: Ajuntament de Barcelona)

Borja, Jordi (ed.), (2005). Barcelona. Un modelo de transformación urbana 1980-1995. Serie Gestión Urbana, Vol. 4. Quito, Artes Gráficas SEÑAL.

Borja, Jordi; Castells, Manuel (1997). Local y global. La gestión de las ciudades en la era de la información. Madrid, Taurus.

Capel, Horacio (1975). Capitalismo y morfología urbana en España. Barcelona, Los Libros De La Frontera.

Capel, H. (dir.), (2003). La cosmópolis y la ciudad. Colección <La estrella polar> - 41. Barcelona, Ediciones del Serbal.

Capel, Horacio (2005). El modelo Barcelona: un modelo crítico. Third edition. Barcelona, Ediciones del Serbal.

Capella, Juli (2004). Acontecimiento y ciudad: estrategias de crecimiento de Barcelona (Fórum 2004). En: Revista Arquitectura Viva, Nro. 94-95, 2004, 36-39.

Castells, Manuel (1989). La ciudad informacional. Tecnologías de la información, reestructuración económica y el proceso urbano-regional. Madrid, Alianza Editorial.

Castells, Manuel (1996). *La era de la información: Economía sociedad y cultura. Volumen I, la sociedad red*. Madrid, Alianza Editorial.

Cohn, David (2004). A new event, the Universal Forum of Cultures, helps Barcelona transform an ailing district. En: *Revista Architectural Record*, Nro. 6, Vol. 192, Junio de 2004, 109-110, 112, 114.

Fernández-Galiano, Luis (2004). Triángulos virtuosos: El Fórum como motor de regeneración urbana. En: *Revista Arquitectura Viva*, Nro. 94-95, 2004, 34-35.

Fórum Barcelona 2004 [En línea]. Cataluña: Fundació Fòrum Universal de les Cultures. [Consulta: 5 de enero de 2012a]. Disponible en: http://www.barcelona2004.org/www.barcelona2004.org/cat/que_ofrece/forum.htm

Fórum Barcelona 2004 [En línea]. Cataluña: Fundació Fòrum Universal de les Cultures. [Consulta: 5 de enero de 2012b]. Disponible en: <http://www.barcelona2004.org/www.barcelona2004.org/cat/forum2004/vinculacion/index.html>

Fórum Barcelona 2004 [En línea]. Cataluña: Fundació Fòrum Universal de les Cultures. [Consulta: 5 de enero de 2012c]. Disponible en: <http://www.barcelona2004.org/www.barcelona2004.org/cat/quees/patrocinadores.htm>

Fórum Barcelona 2004 [En línea]. Cataluña: Fundació Fòrum Universal de les Cultures. [Consulta: 5 de enero de 2012d]. Disponible en: http://www.barcelona2004.org/media.barcelona2004.org/view_manageraad9.html?root=2006,2011,2014

Lynch, Kevin (1984). *The Image of the City*. Barcelona, Editorial Gustavo Gili. Trad. Española por Enrique Luis Revol, *La imagen de la ciudad*. 5ª edición. Barcelona, Editorial Gustavo Gili.

Mackay, David (2000). *La recuperación del front marítim*. Barcelona, Ediciones Aula Barcelona.

Montaner, Joseph María (1999). *Barcelona 1979/2004: del desarrollo a la ciudad de calidad*. Barcelona, Ajuntament de Barcelona. Dirección de Servicios Editoriales.

Sassen, Saskia (1999). *La ciudad Global*. Buenos Aires, Eudeba.

Tarroja, Àlex; Camagni, Roberto (2006). *Una nueva cultura del territorio. Criterios sociales y ambientales en las políticas y el gobierno del territorio*.

rio. Barcelona, Diputació de Barcelona.

Woods, M. (2009). Rural geography: blurring boundaries and making connections. *Progress in Human Geography*, 33 (6), 2009, 849-858.

La luz natural en la recreación de la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura

*Rosalinda González**

RESUMEN

El objetivo del trabajo es develar múltiples significaciones relacionadas con la forma como la luz natural interviene en la recreación de la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura. Para ello, se realizó una revisión documental dirigida a la búsqueda de posibles significados atribuidos a los espacios por el uso de este recurso, más allá de su carácter utilitario o funcional; con el propósito de captar y registrar aspectos que permitan enriquecer o "RECREAR" los mismos. Se observan variados calificativos atribuidos a los espacios, entre ellos: "*temporalizado*", "*socializado (claro)*", "*refugio (oscuro)*", "*espiritual*", "*metamorfosis de la luz*", "*plástico*", "*diáfano*", donde la arquitectura se ha convertido en el medio para la materialización de los efectos luz-sombra, presentes durante el recorrido a través de las trayectorias o simplemente la permanencia del sujeto en los espacios, el cual los vive y disfruta a partir de su espacialidad y temporalidad.

PALABRAS CLAVE: luz natural, recreación, espacialidad, temporalidad, arquitectura

*Profesora de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad del Zulia, rosalindag2002@yahoo.es.

Natural Light in Recreation of Space and Time in Architecture

ABSTRACT

The purpose of this work is to unveil multiple meanings related to form as natural light intervenes in recreation of space and time in architecture. In order to achieve the goal, a documentary review focused on looking for possible meanings given to spaces by means of this resource was done, beyond its utilitarian or functional character in order to capture and record such aspects to enrich or RECREATE them. Many terms attributed to space are observed such as: “temporalized”, “socialized (clear)”, “shelter (dark)”, “spiritual”, “metamorphosis of light”, “plastic”, “diaphanous”, where architecture has become in the means of materialization of light-shadow effects present during the journeys through the paths or simply subject stay in spaces which he lives them and enjoy them from his space and time.

KEYWORDS: natural light, recreation, space, time, architecture.

Introducción

La luz natural, ha sido estudiada desde el punto de vista filosófico en diversos aspectos: mítico, teológico, metafísico y científico. En la Arquitectura, muchas de estas ideas o concepciones han servido de base y de inspiración para el manejo de los espacios en su interior, confiriéndole sentido y logrando una gran riqueza espacial, observándose:

- *Luz Divina* (período pre-moderno), donde la arquitectura representativa era la religiosa y los efectos de luz eran utilizados para conferir un carácter sublime a los espacios, existiendo correspondencia con el paradigma existente en el cual, el núcleo central era la religión.
- *Luz necesaria* (período moderno), producto de la nueva Arquitectura que propuso otros principios estéticos basados en el empleo de las nuevas técnicas y materiales industriales, como el hormigón, el acero y el vidrio en grandes dimensiones que permitieron espacios muy iluminados, con un carácter funcional; en este caso, el paradigma, el

referente lógico, pasó de la religión a la razón, de la Teología a la Filosofía y a la Ciencia.

- *Luz metafórica* (período posmoderno), la Arquitectura está llena de significados y envuelta en un gran simbolismo, existiendo un retomar de lo sagrado; este paradigma, es visto como una actitud frente a la modernidad y lo moderno, representando lo complejo, lo contradictorio y donde el referente son las comunicaciones.

Como se observa, el uso de la luz natural en la Arquitectura ha dependido entre otros aspectos de los requerimientos del hombre en relación a su forma de vida y a la relación existente con el pensamiento de la época lo que le ha otorgado o no un valor dentro del diseño; siendo utilizada *como medio de iluminación*, cuando el interés está referido a la obtención de niveles recomendados según normativas para la realización de las actividades y/o *como generadora de sentido*, en donde resulta habitual encontrar referencias vinculadas a edificaciones de tipo religiosa o sagrada:

“La evolución de la elaboración de la Luz Sagrada, por ejemplo, podría remontarse a ese rayo militante y fálico del Panteón, para seguir luego con la multiplicación polícroma de ese rayo en la Catedral de Chartres, con la distorsión diabólica de esos rayos de colores en el Convento de La Tourette y en la Capilla de Ronchamp, y con la capa omnipresente y ecuánime de luz blanca en la Iglesia de Bagsvaerd, hasta llegar a la intrincada elaboración de la luz en la Capilla de San Ignacio. En lugar de ese estudio, y a medida que nos aproximamos a Seattle, permítasenos comenzar a imaginar la posibilidad de una luz natural contemporánea, incluso hacer conjeturas sobre la posible existencia de algo parecido a una luz natural crítica – pese a que, hasta el momento, puede que haya dado a entender que semejante fenómeno no resultaba posible” (Steven Holl, 2003:556).

En este artículo, la búsqueda se dirigió hacia el o los posibles significados que puedan atribuírsele a los espacios en las edificaciones a través de la presencia de la luz, como una forma de lograr mayor riqueza espacial en el diseño, tal como refiere Nieto Alcaide (1978:13):

“La luz valorada exclusivamente como medio de iluminación natural, desprovista de cualquier connotación simbólica y

entendida como mero elemento físico, describe una idea espacial concebida sin pretensiones trascendentes o referenciales”

1. Espacialidad y temporalidad en la Arquitectura

“No solo el movimiento del shintai (cuerpo) sino movimientos naturales como los de la luz, el viento o la lluvia pueden cambiar la fenomenal distancia existente entre el sujeto y el objeto al introducir la naturaleza y el movimiento humano en formas geométricas sencillas” (Tadao Ando, 1990:205)

Los filósofos suelen desarrollar sus ideas sobre la noción de espacio de acuerdo con orientaciones de tipo “subjetivas” u “objetivas”. Las primeras, son a menudo de carácter psicológico, prestando atención a la experiencia del espacio por sujetos; las segundas, son de carácter físico, entre las cuales se pueden mencionar, la del espacio como un continente absoluto, como sustancia de la cual están hechas las realidades físicas o la del espacio como sistema de relaciones. Ambas orientaciones pueden ser consideradas como “conceptos límites”, es decir manejadas como “espacio psicológico” o “espacio físico”; siendo sin embargo compatibles, el espacio físico posee características donde las entidades, y específicamente los organismos, se asocian espacialmente de distintas maneras, a través de su experiencia y su vivencia en el mismo; ejemplo de ello, lo constituyen la posibilidad de operaciones como la orientación en el espacio o la formación de sistemas espaciales particulares en virtud de las distintas disposiciones de los objetos en los mismos (Ferrater Mora, 2004).

Es importante señalar, que la Arquitectura no sólo es forma y espacio, la misma está cargada de intenciones, las cuales son captadas por los sujetos que la viven y la comparten. El conocimiento que los mismos tienen acerca de las cosas que lo rodean y la manera como la hacen suya a través de sus movimientos, desplazamientos y recorridos, es lo que les permite percibirla, captando sus límites y su realidad: formas llenas, vacías, lejanas, cercanas, de diversas dimensiones, con distintas relaciones, todo ello es lo que se registra en su interior permitiéndole reconstruir el concepto visual del mundo vivido; es así como el hombre capta sus propias experiencias en la vivencia de la percepción de la forma y del espacio, de donde es posible conceptualizar *LA ESPACIALIDAD*.

“De forma constante nuestro ser queda encuadrado en el espacio.

A través del volumen espacial nos movemos, vemos las formas y los objetos, oímos los sonidos, sentimos el viento, olemos la fragancia de un jardín en flor. En sí mismo el espacio carece de forma; su forma visual, su cualidad luminosa, sus dimensiones y su escala derivan por completo de sus *límites*, en cuanto están definidos por *elementos formales*. Cuando un espacio comienza a ser aprehendido, encerrado, conformado y estructurado por los elementos de la forma, la arquitectura empieza a existir” (Ching, 1998:92).

Merleau Ponty (1997) refiere que el espacio vivido es el espacio que surge de la relación del hombre con el mundo y que se opone al espacio objetivo en el que no se consideran estas relaciones, ni las del movimiento como expresión corpórea de esta íntima relación. Se trata de comprender el espacio y el movimiento del propio cuerpo. Expresa que la espacialidad del propio cuerpo es una espacialidad en situación, diferente al fenómeno puramente físico de ocupar un lugar en un espacio objetivo. Refiere que se puede distinguir un espacio corpóreo y otro exterior que sería el espacio que está más allá del alcance de la acción del cuerpo, pero que forman entre sí un sistema práctico. El espacio corpóreo no es otra cosa que la propia situación del sujeto en cuanto es cuerpo y trata de comprender y explicar el espacio. Merleau Ponty, al considerar la espacialidad como la situación del sujeto corpóreo, intenta comprender los diferentes comportamientos, que reflejan un modo de relacionarse con el mundo. El hombre posee el espacio y su existencia es ya una existencia espacializada; el espacio está supuesto en toda observación.

De acuerdo a lo expresado por Merleau Ponty, se extraen algunos conceptos asociados a la espacialidad: percepción, movimiento, desplazamientos, orientación, distancias, modos de abrirse el sujeto al mundo que le rodea y al espacio. A su vez:

“La espacialidad es la percepción, el conocimiento, y el control que el sujeto tiene de su situación en el espacio, de sus posibilidades de desplazamiento y situaciones en el entorno con respecto a los objetos y las demás personas que en él se encuentran” (Romero, 2000 citado por Ureña et al., 2009:4).

Según Castañer y Camerino (citados por Ureña, 2009), la espacialidad considera tres aspectos: *la orientación espacial*, vista como la aptitud

para mantener constante la localización de nuestro cuerpo en el espacio en función de los objetos, así como para posicionar a éstos en función de nuestra posición, entre los conceptos asociados se encuentran: dirección, orientación, situación, superficie, tamaño, distancia y orden; *la estructuración espacial*, vista como la capacidad para mantener constante la localización de los objetos o sujetos entre sí, surge cuando necesitamos situar a los objetos respecto a un sistema de referencia, lo cual implica poner en juego medidas de longitud, volumen, escalas, proporciones y ángulos; y *la organización espacial*, la cual encierra los dos aspectos anteriores, constituyendo los pilares que posibilitan al sujeto establecer sus movimientos de manera adecuada al entorno, estableciéndose nociones espaciales como: tipos de espacio (espacio personal y espacio total), niveles (alto o superior, medio y bajo o inferior), planos (frontal, longitudinal y transversal), trayectorias (directas o indirectas, circulares, lineales), formaciones espaciales (libres, lineales (columnas, filas), circulares).

Es importante señalar, que la espacialidad en la Arquitectura no puede separarse fácilmente de la temporalidad y viceversa, ya que, todas las situaciones y movimientos se van a dar en un espacio y en un tiempo determinado; tal como refiere Ballina Garza (1997:43):

“los espacios arquitectónicos tienen la característica de vincularse unos a otros, eslabonándose, articulándose secuencialmente y, por tanto, su percepción requiere recorridos a través de una secuencia; lo que implica invertir tiempo, factor necesario para experimentar dichos espacios, ya sean exteriores o interiores” .

Acerca de la temporalidad, Merleau Ponty (1997:419) expresa:

“Se dice que el tiempo pasa o transcurre. Se habla del curso del tiempo. El agua que veo pasar se preparó, hace unos días, en las montañas, cuando las nieves se derretían; está ante mí, ahora, y va hacia el mar en donde desembocará. Si el tiempo es semejante a un río, fluye del pasado hacia el presente y el futuro. El presente es la consecuencia del pasado y el futuro la consecuencia del presente”.

El autor refiere lo confuso de esta metáfora porque los acontecimientos no son sucesivos; son fraccionados por un observador finito en la totalidad espacio-temporal del mundo objetivo; donde el cambio supone cierto

lugar en que me sitúo y desde donde veo desfilas las cosas; no hay acontecimientos sin un alguien al que le ocurren y cuya perspectiva finita funda la individualidad de los mismos, ya que, *el tiempo supone una visión, un punto de vista, el desenvolvimiento del paisaje para el observador en movimiento, el tiempo nace de la relación con las cosas.*

“Se dice que el espacio nace en el límite en el que las cosas materiales se desvanecen. Una persona sentada en actitud silenciosa y contemplativa en ese espacio tiene la sensación de experimentar unas dimensiones ilimitadas en la interacción de la luz y la oscuridad” (Tadao Ando, 1990:201).

Ahora bien, se observa que el concepto de temporalidad en la Arquitectura está asociado a la articulación secuencial de espacios, sucesión de acontecimientos, recorridos, desplazamientos, que implican movimientos; se parte entonces del siguiente concepto:

“La temporalidad es la coordinación de movimientos, ya sea en el espacio por el desplazamiento físico, o en el orden interno de la mente de quién reconstruye o configura las acciones sucesivas” (Romero, 2001).

Para operacionalizar este concepto, se vinculó el desplazamiento físico en y a través del espacio con el aspecto de ***circulación***; esto partiendo de la concepción que realiza Ching (1998:228) sobre el mismo, donde lo considera como el hilo perceptivo que vincula los espacios de un edificio, o que reúne cualquier conjunto de espacios interiores o exteriores:

“Dado que nos movemos en el tiempo, a través de una secuencia de espacios, experimentamos un espacio con relación al lugar que hemos ocupado anteriormente y al que a continuación pretendemos acceder”.

Con respecto, a la “asociación de la coordinación de movimientos con el orden interno de la mente de quién reconstruye o configura las acciones sucesivas”, se vinculó esta, con la *temporalidad de la secuencia*, trabajándose con base en una estructura narrativa. Al respecto, es importante mencionar a Villafañe et al (2002), el cual expresa que el tiempo en la realidad se basa en la sucesión y la continuidad, y la temporalidad de la secuencia, está marcada por acontecimientos no secuenciales y por las alteraciones de carácter temporal que alteran la linealidad cronológica del relato: retroceder

a un punto anterior, ir hacia adelante o detener la secuencia. Es importante señalar, que en el proceso narrativo se *modeliza el tiempo de la realidad mediante un ordenamiento sintáctico que produce un significado*.

Villafañe et al (2002), expresa que desde un punto de vista temporal la narración gráfica se rige por los parámetros de *orden, duración y frecuencia*, existiendo recursos que permiten dar lugar a la representación de imágenes simultáneas o sucesivas; en este caso, la simultaneidad puede ser producida por el mismo montaje o por recursos gráficos como la viñeta dividida; y la sucesividad cronológica, puede estar marcada por la lógica de los acontecimientos en su propia visualización. Umberto Eco (citado por Villafañe et al, 2002), refiere que en ocasiones se tiende a realizar una especie de continuidad ideal a través de una real discontinuidad demandando en el lector un importante trabajo de reconstrucción; donde resulta oportuno señalar la siguiente cita de Le Corbusier:

“La música se desarrolla en el tiempo, la arquitectura también. La arquitectura se desarrolla en el tiempo y en el espacio. No se ve de una vez, se mira recorriendo, dándose vuelta. Tenemos los ojos delante y no detrás, y más o menos a 1,60 metros de altura. Eso es muy importante, es la clave en arquitectura. Hay que tener todo eso en cuenta en la concepción de la arquitectura.”
(Semanao Digital de Tele proyecto ON LINE, 2003)

Ahora bien, *¿por qué hacer referencia a la temporalidad vista desde la narrativa gráfica?* Porque en la duración, se trata de modelizar el tiempo a partir de la recreación del recorrido a través de los espacios partiendo de una interpretación de la imagen y de las referencias documentales. Al respecto, es importante señalar los aportes de Le Corbusier, expresados por Fernández et al (1987) y también por Baltanás (2001), en relación a esta estructura narrativa:

“En sus dibujos Le Corbusier se revela casi como un foco que capta, interpreta y transmite unas imágenes indefectiblemente pertenecientes a una dimensión esencial o poética. En toda su producción se detecta una mirada mediadora que traduce y reestructura la realidad” (Fernández et al, A&V – 9, 1987: 28).

Según refiere Fernández et al (1987), la mirada narrativa introduce el tiempo del relato en el espacio de la Arquitectura fragmentando y

componiendo las imágenes que el ojo recolecta. El autor refiere que Le Corbusier pensaba con los ojos, construía su Arquitectura con imágenes, y éstas se encadenaban con una sintaxis narrativa; cuando miraba, percibía geometrías o fragosidades, pero ambas al servicio del relato arquitectónico, como por ejemplo la descripción gráfica de la Casa Guiette, Ambers, 1926; Villa Meyer, París, donde se observa, cómo las palabras se sincronizan en el flujo de un relato gobernado por un ojo en movimiento, que acompañan al lector-espectador de una pieza a otra, llamando su atención sobre las diferentes vistas que se ofrecen a la mirada a medida que se recorren.

“Paseo arquitectónico o itinerario procesional, el ojo penetra, gira, asciende rampas y escaleras, descubre una sucesión de vistas que le llevan de la geometría introductoria y analítica, a las imágenes de la naturaleza en el techo-jardín, en la vegetación frondosa que rodea la casa, en la ventana que se abre sobre un paisaje lejano o incluso a las imágenes del lugar idílico donde el proyecto se gestó” (Fernández et al, A&V – 9, 1987:28).

Baltanás (2001) refiere que este orden narrativo que ofrece mediante la secuencia de planos, una percepción continua e ininterrumpida del espacio, a la vez fragmentado y cosido en viñetas temporales; describe con exactitud uno de los más relevantes principios que caracterizó a la vanguardia de entreguerras: *la percepción de la Arquitectura en movimiento*, que discurre en paralelo con el pensamiento y las teorías científicas de Einstein. El autor expresa que el dibujo de esbozo fue el vehículo que Le Corbusier utilizó extensivamente para mostrar el argumento de una obra, una reflexión intelectual que se proyecta en el tiempo y que hará visible desde el primer contacto con el lugar para continuar evolucionando hasta su concreción formal. La Arquitectura se vive en el sentido más amplio de la palabra, se disfruta o se soporta, más, necesariamente, esta vivencia siempre se dará en un tiempo que percibimos de una manera subjetiva o claramente objetiva. *Tras un recorrido secuencial en horas, minutos y segundos, nos queda una clara sensación de una percepción unitaria e integral, con conciencia de un pasado y un presente.*

2. La luz natural en la recreación de la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura

“La arquitectura debe construir un lugar capaz de contener

el tiempo. Y el tiempo nace por dos vías: una objetiva y otra subjetiva. La objetiva: los cambios asociados a la naturaleza, las variaciones de la luz y de las sombras durante el día, el paso de las estaciones, etc. La subjetiva: la percepción del hombre, que está sujeta al movimiento y a la memoria". Tadao Ando (citado por Asensio Cerver, 1978)

¿Cómo recrear la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura a través de la luz natural? Para dar respuesta a esta interrogante se realizó una revisión documental que permitiera ubicar referencias de distintos autores que han manejado de una u otra forma la luz natural como parte de sus análisis en la Arquitectura o en la utilización de la misma en el diseño de los espacios; la idea principal fue develar "*descubrir los secretos insinuados entre líneas*", y que no son más que esas significaciones que permiten añadir un alto grado de imaginación en la concepción de los espacios o en su narrativa.

Arheim (1962), refiere que en la creación del espacio por la luz, *el sombreado* se convierte en un factor decisivo en la percepción del volumen y la profundidad, para lo cual para crear la impresión de distancia constantemente creciente, la escala de valores de oscuridad proyectados sobre las retinas debe avanzar con una cierta gradación. Para el autor *la sombra* es un brote del objeto que la proyecta; *la oscuridad* no se presenta como ausencia de luz, sino como una sustancia positiva con derecho propio que ayuda a distinguir la forma, la claridad local del objeto, así como las modificaciones que le imponen la orientación espacial y la iluminación, la cual no sólo nos permite ver que hay objetos a nuestro alrededor, sino también en qué dirección se dirigen y a cuanta distancia se encuentran de nosotros y de los objetos vecinos.

Enrique Yáñez en su libro *Teoría, diseño, contexto* (1989), expresa que el espacio arquitectónico se genera en las necesidades materiales y psíquicas derivadas de las actividades humanas, donde *el espacio y la luz* son sustancia de la Arquitectura; refiere que sin luz el espacio no existe visualmente y por ello modifica la conocida frase de Bruno Zevi para afirmar que el "*espacio y la luz*" son los protagonistas de la *Arquitectura*, no tratándose de la luz en sentido utilitario, de la que es necesaria para realizar nuestras actividades materiales y para percibir diversos estímulos visuales sino de la *luz como estímulo en sí*, que crea

claroscuros y que propicia estados de ánimo y emociones.

Oteen Eiler Rasmussen, en su libro *“Experiencia de la Arquitectura”* (1974), expone que la luz resulta de importancia decisiva para experimentar la Arquitectura: una misma habitación puede estar hecha para dar impresiones espaciales muy diferentes, por la simple circunstancia de cambiar el tamaño y el sitio de sus ventanas, transformando así totalmente su carácter.

Otto Friedrich Bollnow (1969), en su libro *“Hombre y espacio”*, hace referencia al *“Espacio diurno”*, expresa que lo esencial del mismo es que se puede “abarcarse con la vista” no se captan sólo los objetos aislados, sino que se visualizan siempre introducidos dentro de la totalidad del espacio. Cuando se realiza la abstracción de la superficie visual, es decir, la proyección de todas las formas espaciales sobre un plano perpendicular a la dirección de la mirada, prescindiendo de la distancia, los diferentes objetos aparecen nítidamente delimitados, con contornos definidos. El autor refiere que la neta estructuración en profundidad del espacio visual reside en la asociación de percepción y movimiento, es decir, en el modo como se modifica la visión en el espacio posterior cuando se “enfoca” pasando de largo ante los objetos anteriores. La condición física para esta posibilidad es el carácter rectilíneo del rayo luminoso.

Este carácter de espacio visible, de poder ser abarcado por la vista, lo destacó Minkowski (citado por Bollnow, 1969) en su obra *Le Temps Vécu*, en el que distingue un *espacio diurno* y otro *nocturno*, uno claro y otro oscuro; el espacio diurno se abre en toda su extensión cuando “abro los ojos”. Veo los objetos con sus contornos recortados, mas también veo las distancias que los separan. No sólo veo las cosas, sino también el espacio vacío entre ellas. En este espacio, todo es claro, definido, natural, sin problemas, tal como el espacio “espiritual” que también se caracteriza por la luz, transparencia, claridad y precisión. Añade Minkowski que este espacio claro viene dado desde un principio como un espacio común que se comparte con otros hombres: *“el espacio claro es a la vez un espacio socializado, en el sentido más amplio de la palabra”*, el mismo expresa que “Si no quiero entregarme totalmente a este carácter comunitario, tengo que crearme rincones privados, refugios que me pertenezcan exclusivamente a mí, donde retirarme del carácter público del espacio”.

Es así como Bollnow (1969), establece una secuencia entre lo que él denomina espacio diurno hasta el ***espacio nocturno y su oscuridad absoluta***;

planteando formas de transición (crepúsculo, niebla y otros fenómenos afines), en que se desvanecen paulatinamente la claridad y la diafanidad del espacio diurno y con ello el horizonte.

Nieto Alcaide (1978), en su libro *“La luz, símbolo y sistema visual”*, refiere acerca del espacio y la luz en el arte gótico y del renacimiento, como un intento de recuperar el significado y funciones de la *luz como símbolo y sistema visual*; donde la luz simbólica se entiende como luz natural y la metáfora visual se establece a través de una acentuación del control de la luz que subraya su valor por un proceso de acrecentamiento cuantitativo. Su estudio está basado en el espacio gótico y en los elementos arquitectónicos y lumínicos que lo componen, así como también a los valores que otros elementos como las joyas, las piedras y metales preciosos de los objetos de culto y la aplicación del oro en la pintura, presentan en relación con el arte gótico. El autor parte del análisis de los medios específicos de cada lenguaje y las connotaciones literarias y filosóficas que comportan, en relación no sólo con su significación religiosa sino con las instancias temporales, se trata de recuperar los valores que se desarrollan a través de las imágenes derivadas de la luz.

Según este autor, en los distintos lenguajes arquitectónicos y en cada edificio en particular, la luz es algo más que un medio que permite ver el ámbito delimitado por la tectónica de la Arquitectura: *“el sistema de iluminación, determinado por el control y aplicación de la luz configura de forma fundamental la relación entre la normativa constructiva y los valores significativos a que obedece”*. Refiere que en la Arquitectura gótica, la luz asume un sentido trascendente, actuando como símbolo a través de la ficción de un sistema de *iluminación “no-natural”*, que proporciona una idea de lo sagrado.

Refiere el autor que en la catedral gótica el sistema de iluminación establece una concepción figurada del espacio, en la cual se pierde la referencia al espacio exterior del templo al no existir ningún vano que lo sugiera, es el *“principio de transparencia”* (Panofsky, 1946 citado por Nieto Alcaide, 1978), o la definición como Arquitectura diáfana (Jantzen y Simson, citados por Nieto Alcaide, 1978). Sin embargo, expresa que es preferible hablar de *“arquitectura traslúcida”* y en lo espacial de *iluminación “no – natural”*, coloreada y simbólica; ya que, los muros de vidrio no son transparentes, sino traslúcidos y la idea espacial más que diáfana es coloreada, cambiante y oscura; esto último como producto de la desaparición del ventanal entendido

como foco de luz, en la cual el muro cumple funciones de filtro de luz dando al interior ese aspecto oscurecido y cromáticamente matizado.

“La luz “no natural” del arte gótico también se presenta como portadora de un mundo de imágenes de gran opulencia figurativa, cuya potencia actúa con fuerza extraordinaria sobre el alma del hombre” (Simson, 1962, citado por Nieto Alcaide, 1978: 43).

En relación con el espacio humanista, Nieto Alcaide (1978) refiere de una luz “*diáfana*”; en este caso, la atención por la representación de la realidad, de acuerdo con un sistema normativo y regular, determinó una valoración de la luz natural como medio de articular una idea del espacio, el volumen y la corporeidad de los objetos, el espacio se articula abandonando la ficción de caja cerrada y se convierte en un escenario abierto.

Luís Aymá González (2003), en su estudio sobre “*Estética de la Arquitectura sacra contemporánea*”, realiza un análisis acerca de los cambios estructurales y la incorporación de nuevas constantes arquitectónicas en la Arquitectura sagrada del siglo XX, refiriendo que la luz es una de las más importantes: “*El espacio se convierte, precisamente en metamorfosis de la luz*” (Toyo Ito, 2000 citado por González, 2003). En su estudio resalta la recuperación del *sentido místico de la luz* (función simbólica), donde la sensación de desmaterialización era lograda a través de la utilización de vidrieras traslucidas que pretendían resaltar la idea de pureza y trascendencia.

Refiere que en algunos casos la Arquitectura vibra al compás de los ritmos naturales, hasta el punto de invertir la relación: el edificio no se concibe pensando en modular la luz, sino que *la luz es la que marca la pauta en la organización espacial*:

“los elementos arquitectónicos se disponen intentando interferir, lo menos posible, tanto el ritmo del claroscuro como la corriente suave de luz, transformándose así en una obra arquitectónica” (Toyo Ito, 2000:92 citado por González, 2003).

Igualmente cita a Tadao Ando, con la Iglesia de la luz:

“la luz se convierte en algo maravilloso cuando tiene como fondo la más profunda oscuridad. Los cambios de iluminación a lo largo del día reflejan, una vez más, la relación del hombre con

la naturaleza, abstrayéndola del mejor modo posible, al tiempo que desempeña una función purificadora con respecto a la arquitectura” (Ando, 1997:31 citado por González, 2003).

Por otra parte refiere que en ocasiones, la luz adquiere una fuerza alusiva o metafórica, como en el caso de Steven Holl, con su proyecto de la Capilla de San Ignacio; el cual trabaja con *haces de luz, manejados de acuerdo con las orientaciones de los lucernarios y con el color* para precisar diversos matices; permitiendo resaltar el *carácter plástico del espacio*.

Bruno Zevi (1978), en su libro *“Lenguaje moderno de la Arquitectura”* refiere que transcurrirán muchos años, para que el hombre capte la noción *dinámica, temporal, del espacio*; considera que sólo durante un brevísimo período y en situaciones excepcionales se ha experimentado el tiempo: en las catacumbas. Señala que la idea de usar la realidad no táctil como instrumento arquitectónico se plasmó en el Panteón, espacio que ha sido inspirador de muchos arquitectos, entre ellos: Le Corbusier, Tadao Ando, Steven Holl; y el cual representa, un espacio temeroso, cerrado entre gigantescas murallas, sin contacto con el exterior, tan sólo iluminado por un óculo central que inunda de claroscuro la cúpula artesonada para infundir sosiego con la presencia de una materia plena y profunda, y cuyo propósito es *desplazar incesantemente el punto de vista, “Temporalizar”*.

Pero *¿Cómo se puede temporalizar el espacio?*: Louis Khan citado por el autor refiere que uno de los medios para *temporalizar el espacio es distinguiendo la Arquitectura de recorrido de los espacios de llegada*, la vida se encuentra siempre llena de acontecimientos y se trata de *graduar su dinamismo*, pero en ningún caso reducirla a cero. En la Villa Savoye, de Poissy, el volumen, desde el suelo al tejado jardín, se encuentra cortado por una rampa que es visible desde todas partes, Le Corbusier la denominó *“promenade architecturale”*: una Arquitectura para pasearse por ella, para recorrerla. En La Maison la Roche (1923) y algunas otras villas de los años 20 siguiendo el concepto de movimiento, el mismo Le Corbusier decía:

“esta casa...será muy semejante a un paseo arquitectónico: se entra y el panorama arquitectónico se presenta de inmediato ante la vista; se sigue una determinada ruta y aparecen un gran número de perspectivas diferentes: *JUEGOS DE LUCES QUE ILUMINAN LAS PAREDES O ARROJAN SOMBRAS*. Las aberturas posibilitan las perspectivas exteriores y así se redescubre la

unidad arquitectónica” (Baird, 1975:60).

Broadbent (1984) refiere que *La Maison la Roche*, representa una analogía muy estrecha, en términos arquitectónicos, con el continuum espacio-temporal del desnudo de Duchamp, y aun con la relatividad de Einstein; el autor considera que de alguna forma, la analogía resulta oportuna; después de todo, *el tiempo cuenta a la hora de moverse por los espacios* de cualquier gran edificio, paisaje o esquema del planteamiento urbano, en el caso de Le Corbusier, el camino está absolutamente pre establecido, se trata de una determinada serie de espacios a través de los cuales se debe pasar en una *secuencia temporal ordenada* de antemano.

Regresando a Zevi (1978), este menciona que en el Guggenheim se temporaliza el paisaje desde la ciudad al museo y viceversa a través de una hilera de vidrios en la espiral, que iluminan los cuadros mediante una *dosificación de luz exterior* y de luz artificial, *viviéndose el cambio de tono cada hora y cada estación*. Se trata entonces de “Temporalizar” pero ¿Dónde?, en todas partes ¿Cómo?, de infinitud de maneras: *a través del recorrido y su maleabilidad*. El mismo autor refiere también a Einstein: “El hecho no sólo se localiza en el tiempo sino también en el espacio”, según el autor esta invariante significa lo siguiente: proyección abierta, constantemente en vías de realización, temporalizada no acabada (Zevi, 1978:59).

González Cobelo (1990), en su artículo sobre Tadao Ando “*La Arquitectura sin velos*”, también hace referencia a la temporalidad en la Arquitectura, expresa como los elementos naturales, entre ellos *la luz natural y los colores en el día y en la noche, añaden la riqueza del tiempo como fluir de las formas en su devenir y la de la tiniebla como conflicto de la tierra y el mundo*, que otorga a la Arquitectura una dimensión de profundidad que no se agota en la magnitud espacial, sino que va más allá del espacio. Este autor, refiere que la importancia de *la tiniebla o de la sombra*, no como reverso sino precisamente *como revelación o epifanía de la luz*, ha sido puesta de manifiesto por Junichiro Tanizaki en un ensayo celebre “*El elogio de la sombra*”, donde valora a ésta como el medio temporal por el que puede desvelarse en forma sucesiva la riqueza afiligranada de obras de arte de exquisita factura, pensadas para irse revelando poco a poco, en tenues reflejos de laca y oro desde la penumbra.

En la sombra se sitúan intuiciones o premoniciones de los espacios principales, apenas vistos desde los intersticios o zonas de conexión entre ellos; mencionando que Tadao Ando acumula propósitos e intenciones

compositivas en estos lugares, que se constituyen en intervalos de enlace y ruptura, evitando hacer de ellos residuos funcionales sirvientes, para darles un protagonismo de otro orden, no tanto por lo que son como por lo que diluyen y por lo que anticipan; un protagonismo que supera el despliegue visual directo o expreso para constituirse en llamada a una visión interior, donde espacios contiguos se muestran en una doble vertiente de *Espacialidad* y *Temporalidad*, interpretados en la anticipación y en el recuerdo.

González Cobelo (1990), afirma que es así como *el espacio temporalizado por la conjunción de la luz natural y la tiniebla produce en la consciencia un tiempo espacializado, un tiempo hecho espacio*, donde en la configuración de ese orden temporal proyectado sobre la consciencia tiene un rol fundamental, lo discontinuo modulado de un modo particular en cada obra, jugando con la imaginación y la memoria para acentuar la consciencia del tiempo vivido, con una intensidad mayor en los espacios-umbral o de enlace. El contraste entre temporalidad como consciencia de lo natural y eternidad como dimensión trascendente de la temporalidad, manifestada como revelación del instante, fundamenta una pretensión ontológica en el juego de tensiones entre continuidades y discontinuidades característico de la Arquitectura de Ando:

“La luz se convierte en algo maravilloso cuando tiene como fondo la más profunda oscuridad. Los cambios de iluminación a lo largo del día reflejan, una vez más, la relación del hombre con la naturaleza, abstrayéndola del mejor modo posible, al tiempo que desempeña una función purificadora con respecto a la arquitectura” (C.F. Ando, Tadao, en García Gutiérrez, Fernando: “La nueva arquitectura religiosa en el Japón actual, en *Ars Sacra*, No. 3, 1997:31).

Otra referencia importante, en relación a la temporalidad lo constituye Steven Holl (2003) el cual considera la luz como el elemento clave que modela la Arquitectura, haciendo una equivalencia entre los movimientos de la música y la articulación que brinda la luz en la composición arquitectónica, temporalizando el espacio a través de ella:

“Oímos la “música” de la arquitectura cuando *nos desplazamos* a través del espacio, cuando los rayos de sol hacen que se produzca *una sucesión de luces y sombras*” (Steven Holl, 2003)

A continuación se presenta un cuadro resumen, como registro de las diferentes significaciones extraídas de los textos seleccionados, vinculadas con las categorías de estudio (espacialidad y temporalidad), así como también la forma como pueden traducirse a la Arquitectura:

| SIGNIFICACIONES | LA LUZ NATURAL EN LA RECREACION DE LA ESPACIALIDAD Y LA TEMPORALIDAD EN LA ARQUITECTURA | | | | | | | | | | | | | COMO SE LOGRA EN LA ARQUITECTURA? | | | | | | |
|--|---|---|-------------------------|---|---|---|---|-----------------------|---|---|---|---|---|-----------------------------------|---------------------------------------|---|---|--|--|--|
| | Orientación espacial | | Estructuración espacial | | | | | Organización espacial | | | Como desplazamiento a través de los espacios (objetivo) | | | | Como estructura narrativa (subjetiva) | | | | | |
| | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | | | 2 | 3 | | | |
| La sombra como brote del objeto que la proyecta / oscuridad no como ausencia de luz sino como sustancia positiva | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | Utilización de escala de valores de la oscuridad (gradiente) |
| Espacio temporalizado /desplazar incesantemente el punto de vista "temporalizar" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Distinguiendo la arquitectura de recorrido de los espacios de llegada / juego de luces que iluminan las paredes o arrojan sombras / Espacio cerrado iluminado por un ósculo central |
| Tiniebla y sombra como revelación o epifanía de la luz | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | Espacios vistos desde los intersticios o zonas de conexión entre ellos "espacios como intervalos de enlace y ruptura" (diluyen y anticipan) / Espacios de transición "donde se desvanece paulatinamente la claridad (crepusculo, niebla) |

| SIGNIFICACIONES | LA LUZ NATURAL EN LA RECREACION DE LA ESPACIALIDAD Y LA TEMPORALIDAD EN LA ARQUITECTURA | | | | | | | | | | | | | | COMO SE LOGRA EN LA ARQUITECTURA? | | | |
|---|---|---|-------------------------|---|-----------------------|---|---|---|---|---------------------------------------|---|--|---|---|-----------------------------------|---|---|---|
| | ESPACIALIDAD | | | | | | | TEMPORALIDAD | | | | | | | | | | |
| | Orientación espacial | | Estructuración espacial | | Organización espacial | | | Como desplazamiento a través de los espacios (objetivo) | | Como estructura narrativa (subjetiva) | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Espacio diurno (claro) "espacio socializado = público" | | | | | | | | | | | | | | | | | | Manejo de las aberturas |
| Espacio nocturno (la oscuridad y su transición) "Espacios privados = Refugios" | | | | | | | | | | | | | | | | | | Asociado con la escala de valores de la oscuridad (crepúsculo, niebla y otros fenómenos afines) / Manejo de las aberturas |
| Espacio espiritual | | | | | | | | | | | | | | | | | | El espacio caracterizado por la transparencia, la claridad y la precisión |
| Luz como símbolo y sistema visual Iluminación "No natural, coloreada y simbólica" idea de lo sagrado | | | | | | | | | | | | | | | | | | Control de la luz, el muro como filtro de luz (traslucido) |
| Principio de transparencia / arquitectura diáfana, coloreada, cambiante y oscura / arquitectura traslucida | | | | | | | | | | | | | | | | | | Desaparición del ventanal entendido como foco de luz, el muro como filtro de luz que da al interior del espacio un aspecto oscurecido y cromáticamente matizado |
| El espacio como metamorfosis de la luz "sentido místico de la luz (función simbólica)" | | | | | | | | | | | | | | | | | | Sensación de desmaterialización (vidrieras traslúcidas que resaltan la idea de pureza y trascendencia) / ritmo del clarooscuro |
| Carácter plástico del espacio | | | | | | | | | | | | | | | | | | Haces de luz manejados de acuerdo a las orientaciones de los lucernarios y con el color a través de una hileria de vidrios en la espiral (vivienciándose el cambio de tono cada hora y cada estación lo que temporaliza el paisaje) |
| Dosificación de luz exterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | Asociado a recorridos / sucesión de luces y sombras |
| "la luz como elemento clave que modela la arquitectura", equivalencia entre los movimientos de la música y la articulación que brinda la luz en la composición arquitectónica | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

ORIENTACION ESPACIAL: 1. Dirección 2. Orientación 3. Situación 4. Superficie 5. Tamaño 6. Distancia 7. Orden
ESTRUCTURACION ESPACIAL: 1. Longitud 2. Volumen 3. Escala 4. Proporciones 5. Angulos

ORGANIZACION ESPACIAL: 1. Tipos de espacios 2. Niveles 3. Planos 4. Trayectorias 5. Formaciones espaciales

Conclusión

Existen diversas significaciones atribuidas a los espacios por el uso de la luz natural considerando la espacialidad y la temporalidad, entre ellas: Espacio *“temporalizado”*, espacio *“socializado (claro)”*, espacio *“refugio (oscuro)”*, espacio *“espiritual”*, espacio como *“metamorfosis de la luz”*, espacio *“plástico”*, espacio *“diáfano”*, donde la Arquitectura se convierte en el medio para la materialización de los efectos luz-sombra, presentes durante el recorrido a través de las trayectorias o simplemente la permanencia del sujeto en los espacios, el cual los vive y disfruta a partir de su espacialidad y temporalidad; algunas de las formas de *“RECREAR”* considerando las dos variables, son las siguientes:

- A través de los *efectos luz - sombra*, trabajados en forma gradual conjuntamente con los elementos de circulación y de articulación espacial, donde la luz se convierte en el medio que permite ir presentando a la vista los contornos, las texturas, los colores, las distancias, de todo cuanto nos rodea.
- *El paso de la opacidad a la claridad, de la oscuridad a la diafanidad* como transición entre espacios y como lectura de conocimiento de los tipos de espacios a encontrar en un recorrido, donde *lo social se asocia con la claridad y las grandes transparencias y lo privado con la luz tamizada o luz controlada*.
- En las áreas privadas *la cercanía y lejanía a los medios de luz, y el manejo de límites* que no dejan perder la continuidad dentro del mismo espacio pero que definen zonas: *zonas de luz y zonas de sombra*, asociadas con las actividades, *“luz suficiente para realizar las actividades”*, o *ausencia de luz, “para reposo e intimidad”*.
- La luz cenital, para crear efectos de contraste luz-color, cuya *penetración en forma de franjas o luz sólida “Luz directa”, o en forma de gradiente al bañar las superficies, o simplemente como luz coloreada* nos dan la idea del transcurrir del tiempo, de la orientación, o simplemente de captar o dirigir la atención, potenciando también la iluminación de las zonas más alejadas de las aberturas, dirigiendo así nuestros desplazamientos.

“La arquitectura es un juego magistral, perfecto y admirable de masas que se reúnen bajo la luz.

Nuestros ojos están hechos para ver las formas en la luz y la luz y la sombra revelan las formas...”

Le Corbusier, *Hacia una Arquitectura*, citado por Ching, 1998:17

Referencias

Arnheim, Rudolf (1962). *Arte y Percepción Visual – Psicología de la Visión Creadora*. 1057 – EUDEBA Ediciones.

Aymá González, Luís (2002). “Estética de la arquitectura sacra contemporánea. Un enfoque desde la filosofía relacional” Tesis doctoral. Universidad Complutense de Madrid. Facultad de filosofía y Ciencia de la educación. <http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=3918563>. Consultado: julio 2008.

Ballina Garza, Jorge (1997). *Análisis histórico de la Arquitectura*. Editorial Trillas, México.

Ching, Francis D.K. (1998). *Arquitectura, forma espacio y orden*. Ediciones Gustavo Gili, S. A. México.

Steven Holl 1986-2003. *Revista El Croquis*. Madrid, España.

Ferrater Mora, J. (2004). *Diccionario de Filosofía* (tomos I, II, III y IV). Editorial Ariel, S. A. Barcelona.

Goycoolea Prado, Roberto (1998). “Filosofía y Arquitectura”. *Revista de filosofía A Parte Rei 2* <http://serbal.pntic.mec.es/~cmunoz11/roberto.html>. Consultado: Agosto 2008

Jencks, Charles (1984). *El lenguaje de la Arquitectura posmoderna*. 3era. Edición ampliada. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona, España.

Jencks & G. Baird (1975). *El significado en Arquitectura*. Madrid. H. Blume Ediciones.

Jodidio Philip (1996). *Tadao Ando*. Taschen International GmbH. Italia.

Marchán, Simón (1987). Composición y proyecto – Modernidad y clasicismo en la obra temprana. *Revista A & V – monografías de Arquitectura y Vivienda*. No. 9.

Merleau – Ponty (1997). *Fenomenología de la percepción*. Ediciones Península, Barcelona.

Nieto Alcaide, Víctor (1978). *La luz, símbolo y sistema visual*. Cátedra, Madrid.

Oteen Eilen Rasmussen (1974). *Experiencia de la Arquitectura*. Editorial Labor, S.A. Barcelona, España.

Otto Friedrich Bollnow (1969). *Hombre y espacio*. Editorial Labor, S.A. Barcelona.

Villafañe, Justo; Mínguez-Arranz, Norberto; Norberto Mínguez (2002). *Principios de la teoría general de la imagen*. Editorial Pirámide.

Normas para la presentación de trabajos

1. Principios de la Revista

La REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA es un órgano científico de difusión de trabajos parciales o definitivos de investigadores y/o equipos de investigación nacionales y extranjeros. Su naturaleza es multidisciplinaria e interdisciplinaria, por ello su temática se divide en tres grandes ejes: a. ciencias sociales y arte; b. ciencias del agro, ingeniería y tecnología; c. ciencias exactas, naturales y de la salud. Su publicación es cuatrimestral. Cada número, de los tres del año, se corresponde con uno de los tres ejes temáticos. La Revista de la Universidad del Zulia, por su carácter histórico y patrimonial, está adscrita a la CÁTEDRA LIBRE HISTORIA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA.

2. Métodos de Envío y de Evaluación de los Trabajo

Los autores interesados en publicar su trabajo en la Revista de la Universidad del Zulia deberán remitir tres copias del mismo sin identificación en sobre cerrado a la siguiente dirección: Avenida Guajira, Funda-desarrollo, planta baja de la Sede Rectoral de La Universidad del Zulia. Este sobre debe estar acompañado de otro, el cual contendrá el original del trabajo con la identificación del autor o autores, indicando: nombre, apellido, institución que representa (universidad, instituto, centro de investigación, fundación), correo electrónico. Así mismo en este sobre se presentará una comunicación escrita firmada por todos los autores y dirigida al Director de la Revista. En esta comunicación se manifestará el interés de los autores de proponer su trabajo para la publicación en la Revista de la Universidad del Zulia, previa evaluación del Comité de Arbitraje. Se agregará también a este sobre una síntesis curricular de cada autor con

una extensión no mayor de diez (10) líneas. También se podrá presentar el trabajo dirigiéndolo a los siguientes correos electrónicos: revis-tadeluz@gmail.com; revistauniversidaddelzulia@gmail.com. El currículo de los autores se enviará en archivo adjunto, distinto al que contendrá el trabajo. Los artículos propuestos para esta revista deben ser inéditos y no deben haber sido propuestos simultáneamente a otras publicaciones. Todos los trabajos serán evaluados por parte de un Comité de Árbitros-Especialistas de reconocido prestigio, seleccionado por el Comité Editorial de la Revista. La evaluación de los Árbitros se realizará mediante el procedimiento conocido como par de ciegos: los árbitros y los autores no conocerán sus identidades respectivas. Los criterios de Evaluación son los siguientes:

a. Criterios formales o de presentación: 1) originalidad, pertinencia y adecuada extensión del título; 2) claridad y coherencia del discurso; 3) adecuada elaboración del resumen; 4) organización interna del texto; 5) todos los demás criterios establecidos en la presente normativa.

b. Criterios de contenido: 1) dominio de conocimiento evidenciado; 2) rigurosidad científica; 3) fundamentación teórica y metodológica; 4) actualidad y relevancia de las fuentes consultadas; 5) aportes al conocimiento existente.

Al recibirse la respuesta del Comité de Árbitros designado se informará a los autores por correo electrónico la decisión correspondiente; en caso de ser aceptado el trabajo deberá remitirse por correo electrónico la versión digital del mismo.

3. Presentación de los trabajos

Los trabajos deben presentar un resumen de 150 palabras como máximo y hasta cinco palabras claves; tanto el resumen como las palabras claves estarán en español e inglés. Igualmente el título y el subtítulo del trabajo serán presentados también en español e inglés. La extensión máxima del trabajo será de veinte (20) páginas, y diez (10) como extensión mínima. Todos los trabajos serán presentados en hoja tipo carta, impresos por una sola cara, con numeración continua y con márgenes de tres (3) centímetros a cada lado. El texto se presentará a espacio y medio, en fuente TimesNew Roman, tamaño 12.

4. Cuerpo del artículo

Se dividirá en Introducción, Desarrollo y Conclusiones (o Consideraciones Finales, según sea el caso). La introducción incluirá el propósito u objetivo general perseguido. El Desarrollo se organizará en secciones y subsecciones debidamente identificadas con subtítulos numerados completamente en arábigos de acuerdo al sistema decimal, respondiendo a una sucesión continua y utilizando un punto para separar los niveles de división. La Introducción y Conclusión están exceptuadas de esta numeración. Las fechas y horas se expresarán numéricamente. En caso de existir ilustraciones (gráficos, mapas, fotos) debe hacerse referencia a los mismos en el texto. Estas ilustraciones serán contadas dentro de la extensión máxima del artículo. Las notas explicativas o aclaratorias deben reducirse al mínimo necesario y colocarse al pie de páginas debidamente señalizadas. Los materiales complementarios se recogerán en anexos, los cuales se identificarán con una letra y un título y se colocarán después de la bibliografía. Los anexos serán contados también dentro de la extensión máxima del artículo.

5. Citado

El citado se realizará en el texto utilizando la modalidad autor-fecha, establecido en el Reglamento para la presentación de trabajos en la Universidad del Zulia, indicando, en caso de ser cita textual, apellido(s) del autor, seguido de coma, año de publicación de la obra, seguido de dos puntos y el (los) número(s) de la(s) página(s), por ejemplo: de acuerdo a Rincón (1998: 45) o (Rincón, 1998:45); si no es cita textual sino una paráfrasis no se indicará el número de página, ejemplo: de acuerdo a Rincón (1998) o (Rincón, 1998). Si hay varias obras del mismo autor publicadas en el mismo año, se ordenarán literalmente en orden alfabético; por ejemplo, (Rincón, 2008a: 12), (Rincón, 2008b: 24). Si son dos autores, se colocarán solamente el primer apellido de cada uno, por ejemplo: Según Morales y Fleires (2008: 90) o (Morales y Fleires, 2008: 90), siguiendo el mismo criterio explicado anteriormente para las citas textuales y las paráfrasis. En caso de ser tres autores o más se colocará el apellido del autor principal seguido de "et al", ejemplo: (Rincón et al, 2008:45). Deben evitarse, en lo posible, citas de trabajos no publicados o en imprenta, también referencias a comunicaciones

y documentos privados de difusión limitada, a no ser que sea estrictamente necesario. En caso de fuentes documentales, electrónicas u otras que por su naturaleza resulten inviables o complejas para la adopción del citado autor – fecha, sugerido en estas normas, puede recurrirse u optarse por el citado al pie de página.

6. Referencias bibliográficas

Las referencias (bibliográficas, hemerográficas, orales y/o documentales) se presentarán al final del texto, según lo establecido en el Reglamento para la presentación de trabajos en la Universidad del Zulia. El orden de las referencias es alfabético por apellido. Las diferentes obras de un mismo autor se organizarán cronológicamente, en orden ascendente, y si son dos obras o más de un mismo autor y año, se mantendrá el estricto orden alfabético por título.

Instrumento de Evaluación del Árbitro

I.- Criterios formales o de presentación

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | EXCELENTE | MUY BUENO | BUENO | REGULAR | DEFICIENTE | OBSERVACIONES |
|---|-----------|-----------|-------|---------|------------|---------------|
| Originalidad, pertinencia y adecuada extensión del título. | | | | | | |
| Claridad y coherencia del discurso. | | | | | | |
| Adecuada elaboración del resumen: contiene abstract y palabras claves; indica objetivo, metodología y resultados. | | | | | | |
| Organización interna del texto. | | | | | | |

II. - Criterios de contenido

| CRITERIOS DE EVALUACIÓN | EXCELENTE | MUY BUENO | BUENO | REGULAR | DEFICIENTE | OBSERVACIONES |
|---|-----------|-----------|-------|---------|------------|---------------|
| Dominio de conocimiento evidenciado. | | | | | | |
| Rigurosidad científica. | | | | | | |
| Fundamentación teórica y metodológica. | | | | | | |
| Actualidad y relevancia de las fuentes consultadas. | | | | | | |
| Aportes al conocimiento existente. | | | | | | |

Suscripción 2013

Tarifas (tres números anuales)

| | | |
|-----------|---------------|------------|
| Venezuela | Sin Flete | Con Flete |
| | 75 Bs.F. | 100 Bs. F. |
| Exterior | Institucional | Individual |
| | US \$ 180 | US \$180 |

Planilla de suscripción

Nombre y apellido: _____

Profesión: _____

Dirección: _____

Apartado postal: _____ Fecha: _____

Teléfono/Fax: _____ E-mail: _____

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA.
Calle 67 (prolongación Cecilio Acosta) con Av. 16 (Guajira).
Nueva sede rectoral de la Universidad del Zulia. Edificio Fundadesarrollo.
Maracaibo, estado Zulia, Venezuela. Teléfono/Fax: 58-261-7831611.
Correos electrónicos: revistauniversidaddelzulia@gmail.com, revistadeluz@gmail.com

REVISTA DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA 3ª época
Ciencias del Agro y Tecnología /// Año 4 Nº 8, enero abril 2013
Maracaibo, Venezuela

Contenido

- 5 **Thaís Ferrer de Molero**
 Presentación
- 8 **M., Moreno, H., Pirela, M., Medina, N., Molina, V., Polo, M., Urdaneta**
 Evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos cultivados con cacao (*Theobroma Cacao L.*) en la Sierra de Perijá
- 29 **Tyrone Clavero**
 Utilización de frutos de árboles forrajeros en la ganadería tropical
- 37 **C. Tuemmers , C. Núñez, P. Espinoza**
 Presencia y factores asociados a la HPiE en equinos patagónicos chilenos
- 51 **Carlos Araujo , Alejandro Colman, Juan González, Alejandra Osorio, Vanessa Pajares**
 Adaptación del método de Diferencias de Temperatura Equivalente Total (DTET) para el cálculo de las cargas térmicas de envolventes opacas en Venezuela
- 64 **Patricia López-Goyburu**
 Articulación entre la escala global y local. Caso: Fórum de las Culturas, Barcelona, 2004
- 76 **Rosalinda González**
 La luz natural en la recreación de la espacialidad y la temporalidad en la Arquitectura
- 97 **Normas para la presentación de trabajos**

El Dr. Jesús Enrique Lossada, luego de trabajar infatigablemente hasta lograr la reapertura de la Universidad del Zulia, el 01 de octubre de 1946, le aportó a esta institución su primera revista científica: la *Revista de la Universidad del Zulia*, fundada por este insigne zuliano, el 31 de mayo de 1947. En su Tercera Época la revista mantiene la orientación que le asignara su fundador: es un órgano científico de difusión de trabajos parciales o definitivos de investigadores y/o equipos de investigación nacionales y extranjeros. La revista posee un carácter multidisciplinario, por ello su temática se divide en tres grandes ejes: a. ciencias sociales y arte; b. ciencias del agro, ingeniería y tecnología; c. ciencias exactas, naturales y de la salud. Su publicación es cuatrimestral. Cada número, de los tres del año, se corresponde con uno de los tres ejes temáticos. La *Revista de la Universidad del Zulia*, por su naturaleza histórica y patrimonial, está adscrita a la **Cátedra libre Historia de la Universidad del Zulia**.

AUTORIDADES

Jorge Palencia
 Rector

Judith Aular de Durán
 Vice Rectora Académica

María Guadalupe Núñez
 Vice Rectora Administrativa

Marlene Primera
 Secretaria

Imelda Rincón Finol
 Coordinadora de la Cátedra Libre
Historia de la Universidad del Zulia

