

## ESTRUCTURAS PREHISPANICAS EN LOS LLANOS DE BARINAS Y PORTUGUESA COMO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN PARA LOS PROBLEMAS DE DRENAJE\*

**Pre-hispanic structures in the plains of Barinas and Portuguesa as alternative solution for drainage problems**

**Rafael España Márquez<sup>1</sup> y Jegat Herve<sup>2</sup>**

### RESUMEN

Con el objeto de evaluar hidráulicamente las estructuras prehispánicas en los Llanos Occidentales de Barinas, se procedió a ubicarlas espacialmente usando coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) obtenidas de la información disponible en Cartografía Nacional, el Instituto de Patrimonio Cultural de Venezuela y estudios antropológicos e históricos sobre las calzadas, montículos, las condiciones topográficas, geológicas, suelos y vegetación. Los datos se procesaron mediante un sistema de información geográfica (SIG), seguidamente se evaluó el trazado y conexión entre estas, así como el patrón de poblamiento de la zona en la época prehispánica y en la colonia, para determinar los posibles usos de las calzadas y montículos. Se caracterizaron morfométricamente las cuencas, se realizó el análisis Intensidad Duración y Frecuencia (IDF) de las precipitaciones en 12 estaciones de la zona, se modeló el comportamiento hidráulico de las estructuras y los cauces, detallando los trazados y los materiales utilizados para valorar las técnicas y su eficiencia como estructuras de drenaje prehispánico, desde el punto de vista económico y ambiental. Se encontró que los petroglifos están ubicados en la cordillera de los Andes entre 200 y 560 msnm, la geología se caracteriza por la presencia de piedras de grandes dimensiones para ser talladas y ubicadas cerca de los ríos. Las calzadas trazan vías de comunicación sobre las zonas inundables y protegen algunos montículos localizados entre las cotas 98 hasta los 200 msnm. Se encontró que los terraplenes o las calzadas están contruidos sobre suelos aluvionales y zonas inundables formados en la era del Cuaternario entre el Pleistoceno y el Holoceno y su trazado conecta los montículos y las zonas altas del piedemonte con las zonas de suelos agrícolas, clase I, II y III. Para su construcción fueron usados materiales de la zona firmemente compactados. En los chequeos topográficos actuales a las calzadas, la cota de proyecto es aún uniforme, encontrándose que para crecientes con periodos de retorno 5; 10; 25 y 50 años permanecen secas. En el municipio Arismendi existen 50 km<sup>2</sup> de sistemas de canales y zonas de cultivo, con canales que pueden conducir hasta 5 m<sup>3</sup>/seg, de sección amplia 22 m y escaso tirante de 0,5 m, adecuados a las suaves pendientes de los llanos, las calzadas cumplen la función de permitir el acceso y protegen áreas inundables. Sobre la base de los hallazgos se concluye que el trazado de las calzadas obedece a múltiples usos, y destaca la utilización de materiales autóctonos y la durabilidad refleja una técnica constructiva que es útil en la actualidad. En consecuencia, es un conocimiento que se debe valorar y proteger adecuadamente.

**Palabras clave:** calzadas, drenaje vial, gestión del conocimiento

### ABSTRACT

In order to hydraulically evaluate the pre-Hispanic structures in the Western Plains of Barinas, they were spatially located using Universal Transversal Mercator (UTM) coordinates obtained from the information available in National Cartography, Institute of Cultural Heritage of Venezuela and anthropological and

(\*)Recibido 11-11-2022:

Aceptado: 22-09-2023

<sup>1</sup> Programa de Ciencias del Agro y del Mar. Universidad Ezequiel Zamora, UNELLEZ, Guanare, 3350, Po. Venezuela. Email: [respana1@gmail.com](mailto:respana1@gmail.com)

historical studies on the causeways and mounds. The topographic, geological, soil and vegetation conditions of the area were processed using a geographic information system (GIS), then the layout and connection between them were evaluated, as well as the population pattern of Venezuela and the area of the plains in the pre-Hispanic and colonial times, to determine the possible uses of the causeways and mounds. The basins were morphometrically characterized, the Intensity, Duration and Frequency (IDF) analysis of the rainfall was carried out at 12 stations in the area, the hydraulic behavior of the structures and the channels was modeled, the layouts and the materials used to assess the techniques and their efficiency as pre-Hispanic drainage structures from the economic and environmental point of view, it was found that the petroglyphs are located in the Andes mountain range between 200 and 560 meters above sea level, where the geology presents large stones to be carved and located near rivers. The causeways trace communication routes over the flood zones and protect some mounds located between elevations 98 to 200 meters above sea level. It was found that the embankments or causeways are built on alluvial soils and flood zones formed in the Quaternary era between the Pleistocene and Holocene and their layout connects the mounds and the high areas of the piedmont with the agricultural soil zones, class I, II and III. Firmly compacted materials from the area were used for its construction. In topographical checks on the roads, the surface level is still uniform, evaluating for floods with return periods of 5, 10, 25, 50 and 100 years they remain dry, in the Arismendi municipality there are 50 km<sup>2</sup> of canal systems and cultivation areas, with channels that can carry up to 5 m<sup>3</sup>/sec, with a wide section of 22 m. and low depth 0.5 m, suitable for the gentle slopes of the plains, the roads fulfill the function of allowing access and protect flooded areas, based on the findings it is concluded that the layout of the roads, obeys multiple uses, and the use of native materials stands out and the durability reflects a construction technique that is still useful today. Consequently, it is knowledge that must be properly valued and protected.

**Key words:** roads, road drainage, knowledge management

## INTRODUCCIÓN

En el rescate de las tradiciones de la cultura precolombina relacionadas con el manejo de los sistemas hídricos, destaca que las diferencias de carácter geofísico en el territorio de los llanos, pueden ser aprovechadas por la generación actual con el fin de manejar adecuadamente el recurso hídrico en las condiciones del trópico, así pues, encontramos opiniones sobre la funcionalidad de las estructuras, tanto calzadas como montículos, señaladas por Zucchi y Denevan (1979) y Humboldt (1985) entre otros. En este trabajo se realiza una revisión de investigaciones arqueológicas, ingenieriles e históricas para valorar la importancia de usar los recursos locales de manera consciente y abaratar costos para las generaciones actuales y futuras.

## METODOLOGÍA

Con el objeto de evaluar hidráulicamente las estructuras prehispánicas en los Llanos Occidentales específicamente Barinas y Portuguesa, se procedió a ubicarlas espacialmente

usando coordenadas Universal Transversal Mercator (UTM) obtenidas de la información disponible en el Instituto Cartográfico de Venezuela Simón Bolívar y el Instituto de Patrimonio Cultural de Venezuela (Instituto de Patrimonio Cultural 2011).

De estudios antropológicos e históricos sobre las calzadas y montículos, desde el marco referencial desarrollado por Cruxent y Rouse (1961), las primeras referencias al funcionamiento y posible utilidad de las calzadas fueron reseñadas por Humboldt (1985), Zucchi y Denevan (1979) hasta otras más recientes en Zucchi (1984) y las recopilaciones de Pasquali (2003).

Para las condiciones topográficas, geológicas, suelos y vegetación, se procesaron mediante un sistema de información geográfica (SIG) y las bases de datos del proyecto Desarrollo Región Occidente (PDVSA, BIOCENRO-UNELLEZ 2000), las caracterizaciones reseñadas por Hétier y López (2005) fueron consideradas.

Seguidamente se evaluó el trazado y conexión entre estas, así como el patrón de poblamiento de la zona en la época prehispánica y en la colonia. Para determinar los posibles usos de calzadas y montículos, se consultaron fuentes secundarias como las reseñas de Rodríguez (1983) en los llanos de Barinas y las de Pasquali (2003) en los llanos de Portuguesa.

Se caracterizaron morfométricamente las cuencas, se realizó el análisis Intensidad Duración y Frecuencia (IDF) de las precipitaciones en 12 estaciones de la zona, utilizando los métodos de Curva Número, detallados por Grassi (1992), se modeló el comportamiento hidráulico de las estructuras y los cauces utilizando software Flow Máster de Haestad Methods Water Solutions (2013).

Para el análisis hidrológico se analizaron 6 Unidades Hidrológicas (UH), en 4 cuencas en los ríos Acequia, Canagua, Guanare Viejo y Caño Ventosidad. Se evaluaron 6 sitios con estructuras tipo calzadas, montículos y campos de cultivos, en las localidades de interés arqueológico de El Cedral, Santa Rosa, El Gaban, hato la Calzada Páez, Ramón Lepage y Caño Ventosidad.

Para detallar los trazados, materiales utilizados en la construcción de las calzadas y para valorar las técnicas, se consultaron los estudios de Zucchi (1984), Ruiz (1983), Rey (2011). Se evaluó su eficiencia como estructuras de drenaje prehispánico desde el punto de vista económico, como vías de comunicación (Carciente 1985), con base a los análisis económicos propuestos por Escobar (1992), como presas para manejo de excesos de agua de lluvia, el valor agregado de las especies anfibios y peces desarrollados en las zonas inundadas según reporta Ojasti (1981) y evaluación de su valor ambiental siguiendo los criterios de Henao *et al.* (2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los petroglifos están ubicados en la cordillera de los Andes entre 200 y 560 msnm, la geología presenta piedras de grandes dimensiones para ser talladas y ubicadas cerca de los ríos. Las calzadas trazan vías de comunicación sobre las zonas inundables y protegen con calzadas de

forma oval, que rodean montículos en un área de 1,5 km<sup>2</sup>, localizados entre las cotas 98 hasta los 200 msnm. Ubicando las cotas en las coordenadas de los puntos protegidos por Instituto de Patrimonio Cultural (2011). Se encontró que los terraplenes o las calzadas están contruidos sobre suelos aluvionales y zonas inundables, formados en la era del Cuaternario entre el Pleistoceno y el Holoceno (IDR, CIDIAT, UNELLEZ 2005) y su trazado conecta los montículos y las zonas altas del piedemonte con las zonas de suelos agrícolas, clase I, II y III tal como lo señala Rey (2011). Para su construcción fueron usados materiales de la zona firmemente compactados (Ruiz 1983). En chequeos topográficos recientes en las calzadas, la cota superior es aún uniforme como se detalla en levantamientos topográficos realizados por España *et al.* (1995).

De las microcuencas referidas en la Tabla 1, la mayoría drenan en sentido Noroeste a Sureste, debido a la conformación topografía y al relieve de la zona. Las cuencas de la planicie que tributan al río Apure, los factores morfométricos de las cuencas fueron generados a partir del modelo SRTM correspondiente a la zona y se realizó la corrección con el proyecto PITSA de PDVSA. (PDVSA, BIOCENRO-UNELLEZ, 2000) procesado mediante el Software Arc Gis el módulo Hidrología, estas cuencas fueron utilizadas para la evaluación de los sitios donde existen actualmente calzadas.

Una vez caracterizadas las cuencas se procedió a determinar las ecuaciones de diseño de drenaje por el método curva número para las Unidades Hidrológicas (UH), seleccionadas. La importancia de estas ecuaciones de diseño reside en que permiten ir evaluando hidráulicamente estas estructuras. Comparativamente las cuencas son diferentes en su morfología, cobertura, topografía, geología y en estas ecuaciones vemos que se corresponden a esas condiciones, generando valores parecidos para las Unidades Hidrológicas con condiciones similares.

En la Tabla 2 se muestran las ecuaciones de diseño para cada una de las cuencas, sirven no solo para evaluar los puntos seleccionados, si no para evaluar cualquier obra de ingeniería actual o

prehispánica en estos sitios, como hemos visto, se ha priorizado la ubicación de los petroglifos y montículos, pero las calzadas que recorren varios

kilómetros no tienen detallada su ubicación, por ello no tienen protección y corren riesgo de ser afectadas.

**Tabla 1. Parámetros morfométricos de 41 microcuencas de Barinas.**

| Parámetro                                       | Área   | Max.     | Min.  |
|-------------------------------------------------|--------|----------|-------|
| Área de la hoya hidrográfica (km <sup>2</sup> ) | 353,10 | 946,13   | 10,80 |
| Factor de forma                                 | 83,73  | 1.154,37 | 9,81  |
| Longitud del perímetro de la divisoria (Km)     | 136,68 | 262,71   | 29,70 |
| Sentido de drenaje predominante                 | NO-SE  | NO-SE    | NO-SE |
| Longitud del cauce principal (km)               | 31,82  | 96,48    | 3,05  |
| Pendiente media del cauce principal (%)         | 35,70  | 510,29   |       |
| Densidad de drenaje (m de cauces/hectárea)      | 2,53   | 4,08     | 1,90  |

**Tabla 2 Ejemplo de Cálculo de Caudal para cada una de las cuencas de los sitios Evaluados Tr 100 años**

|                                                 | UH 1.3                 | UH 1                  | UH 2.1                | UH 2                  | UH 3                  | UH 4                 |
|-------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Cauce                                           | Acequia                | Acequia               | Canagua               | Canagua               | Guanare Viejo         | Caño Ventosidad      |
| PARAMETRO                                       | A                      | B                     | C                     | D                     | E                     | F                    |
| Punto de interes                                | El Cedral              | Santa Rosa            | El Gabán              | Hato la Calzada       | R. Lepage             | Caño Ventosidad      |
| Área de la hoya hidrográfica (Km <sup>2</sup> ) | 269                    | 2.504                 | 1.063                 | 2.425                 | 599                   | 1.261                |
| Precipitación de Diseño Tr 100 (mm)             | 108,95                 | 93,45                 | 108,95                | 93,45                 | 92,35                 | 92,35                |
| Infiltración Potencial (mm)                     | 54,56                  | 61,04                 | 68,97                 | 54,83                 | 54,38                 | 93,72                |
| Escorrentía (mm)                                | 63,0                   | 46,4                  | 55,2                  | 49,5                  | 48,9                  | 32,4                 |
| Escorrentía 24 horas (mm)                       | 63,0                   | 46,4                  | 55,2                  | 49,5                  | 48,9                  | 32,4                 |
| Cd                                              | 106,78                 | 79,91                 | 94,12                 | 85,02                 | 83,91                 | 57,20                |
| Ecuación De Drenaje                             | $Q = 106,78 * H^{5/6}$ | $Q = 79,91 * H^{5/6}$ | $Q = 94,12 * H^{5/6}$ | $Q = 85,02 * H^{5/6}$ | $Q = 83,91 * H^{5/6}$ | $Q = 57,2 * H^{5/6}$ |
| Area (ha)                                       | 26911,65069            | 250382,4877           | 106256                | 242499,975            | 59854,85538           | 126088,8611          |
| Q <sub>100</sub> (m3/seg)                       | 524,94                 | 2.520,28              | 1.453,17              | 2.610,95              | 802,98                | 1.018,57             |

Así pues, tenemos valores de referencia de los caudales para 100 años, sabemos que, en hidrología, las predicciones de eventos máximos se ven afectadas por el cambio climático y la zona de los llanos no escapa a esta realidad, se hace necesario profundizar sobre el efecto de este en los valores de caudal máximo para validar estos resultados. La data pluviométrica disponible para la zona es abundante, permite validar los modelos, y para esta evaluación de estructuras prehispánicas, nos aporta suficiente información y nos orienta sobre las capacidades hidráulicas de las estructuras prehispánicas y su comportamiento ante crecidas.

Evaluaciones para crecientes con periodos de retorno 5; 10; 25 y 50 años, al transitar los caudales por las secciones frente a las calzadas, estas no llegan a la cota máxima.

Una vez determinados los caudales se evaluaron las secciones típicas de los canales conductores conformados por las calzadas.

El Figura 1 Caudal y Tirante de un canal parabólico de área constante (Figura 1), representan las variaciones en caudal y profundidad del canal en función del ancho de la sección, se muestran 3 secciones tipo: Profunda, Óptima y Ancha, el punto verde marca para la

sección parabólica, óptima para el área dada, es el máximo caudal que se puede conducir con un área de  $0,73 \text{ m}^2$ , una pendiente de terreno de 3 ‰, coeficiente de rugosidad para suelos desnudos, esto debido a que el perímetro húmedo es mínimo y por lo tanto el radio hidráulico es máximo, el punto rojo marca la sección de 22 m de ancho y 0,67 m de profundidad, sección de los canales evaluados en el Caño Ventosidad. Se observa que el caudal no es máximo, pero es la sección que mejor se adapta a las condiciones naturales de topografía, material de suelo, vegetación y por ende coeficiente de rugosidad para canales en suelo desnudo en la zona de los llanos.

En el municipio Arismendi del estado Barinas existen  $50 \text{ km}^2$  de sistemas de canales y zonas de cultivo, con canales que pueden conducir hasta  $5 \text{ m}^3/\text{seg}$ , de sección amplia 22 m y escaso tirante (0,5 m), adecuados a las suaves pendientes de los llanos. Fueron reseñados por primera vez por Zucchi y Denevan (1979), y en la actualidad existen muchos de ellos.

En la Figura 2 se observan tres áreas o zonas de cultivo entre los canales, una para uso en el periodo lluvioso, una zona intermedia para uso en el periodo seco y una zona adyacente a las calzadas dobles o canales elevados, que sirve de reservorio de agua y asiento para el desarrollo de peces y especies anfibias propias de la zona.

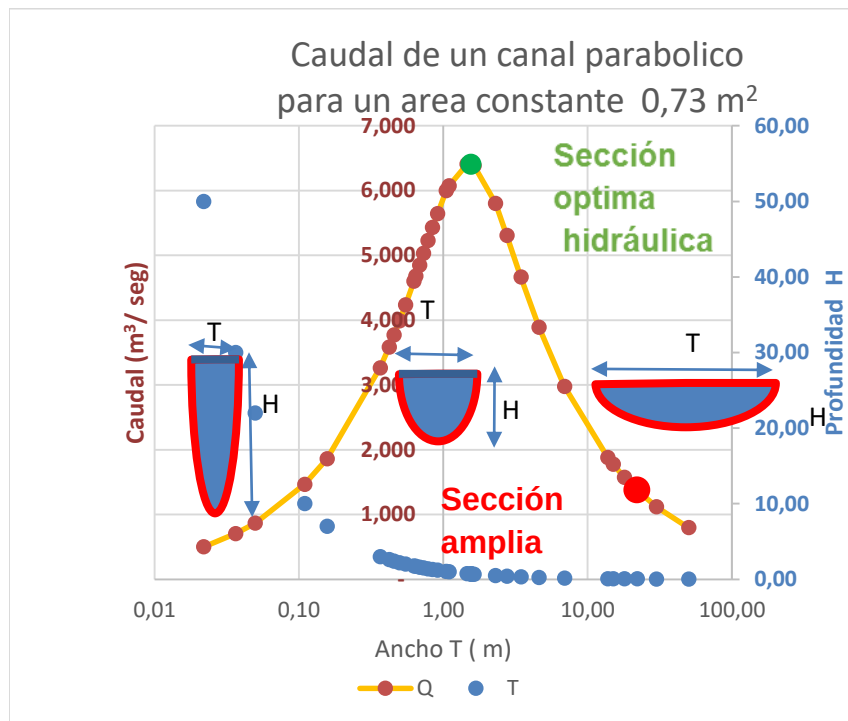
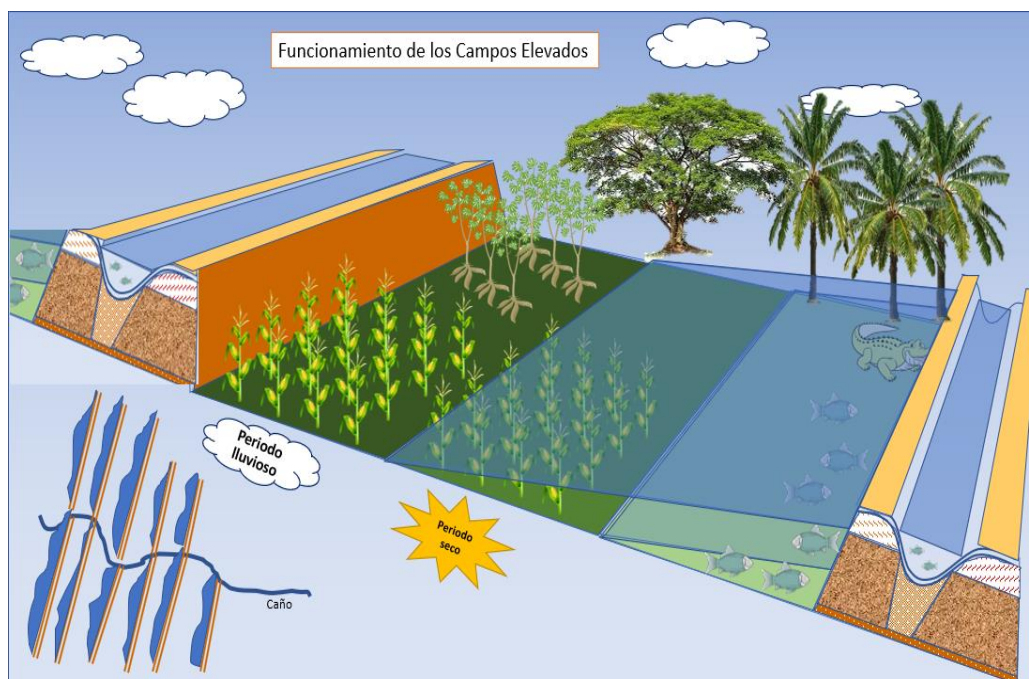


Figura 1 Caudal y Tirante de un canal parabólico de área constante.



**Figura 2 Representación funcional de los Campos Elevados.**

Los campos surcados corren perpendiculares al Caño Ventosidad y otras corrientes adyacentes, y están dispuestos en pares con una intervención canal y sabana abierta entre pares (Figura 2), las crestas y los canales no son la única parte constituyente de este sistema, ya que la ribera, el estero y los espacios de sabana ubicados entre los pares de crestas, también son unidades funcionales (Zucchi y Denevan 1979). En síntesis, podemos decir que el sistema Caño Ventosidad combina funcionalmente características naturales y artificiales de la zona.

Para Zucci (1984), algunas de los pares de calzadas del Caño Ventosidad son completamente artificiales, mientras otros pares de calzadas parecen ser parcial o totalmente naturales. Esto indica que incluso, para las áreas elevadas, los ingenieros prehispánicos aprovecharon la preexistencia de características topográficas naturales (antiguos diques, naturales áreas elevadas, también llamados bancos), y los adaptaron a sus propios fines particulares.

El sistema Ventosidad tenía una doble función: a) drenaje, ya que proporcionó superficies

secas que podrían cultivarse durante la temporada de lluvias, y b) retención y almacenamiento de agua, para usar en el período seco (Zucchi y Denevan 1979).

La retención y almacenamiento de agua probablemente proporcionó beneficios adicionales a sus usuarios, como la producción de materia orgánica que podría ser incorporada para fertilizar las crestas agrícolas, y como fuente de proteína representada por la fauna acuática, que podría vivir en estos artificiales cuerpos de agua (Ojasti 1981).

## CONCLUSIONES

Existe una alineación entre los petroglifos, la ubicación de los montículos en la zona inundable, los suelos de vocación agrícola clase I, II y III y el trazado de algunas estructuras de tierra compacta o calzadas.

No hay precisión sobre la ubicación y longitud de las calzadas, terraplenes o estructuras de tierra compacta. Solo siete de los 59 puntos protegidos por el Instituto de Patrimonio Cultural de Venezuela, se corresponden exclusivamente



con calzadas Para proteger una calzada se hace necesario más que un punto se debe proteger el trazado y los alrededores.

Las calzadas cumplen la función de permitir el acceso y protegen áreas inundables, sobre la base de los hallazgos, se concluye que el trazado de las calzadas, obedece a múltiples usos, y destaca la utilización de materiales autóctonos y la durabilidad, refleja una técnica constructiva que aún es útil. En consecuencia, es un conocimiento que se debe valorar y proteger adecuadamente.

Las estructuras de tierra compacta en la zona del municipio Pedraza del estado Barinas, están en una zona con alta densidad de drenaje, valores de 4 km/km<sup>2</sup> en comparación con 0,2 km/km<sup>2</sup>, para el resto del país y está atravesada por numerosos ríos, sin embargo, es la zona donde presentan mejor identificación y ubicación.

Se observa una cota rasante uniforme y una gran capacidad de soporte, que equivale a un diseño de vialidad para altas cargas. Por lo que las estructuras de tierra compacta se han preservado mejor ante las inclemencias del clima, que las vialidades actuales, quiere decir que fueron construidas con criterios de dique y no como simples terraplenes.

La forma de los canales prehispánicos, anchos y poco profundos se adapta a la topografía, suelos e imita los cauces en los llanos.

## REFERENCIAS

- Carciente, J. 1985. Carreteras Estudio y Proyecto . Caracas, Venezuela: Ediciones Vega SRL.593 p.
- Cruxent, J. y Rouse, I. 1961. Arqueología cronológica de Venezuela (Vol. I). Washinton D.C.: Organización de los Estado Americanos. pp. 172-173.
- Escobar, R. 1992. Estabilización electroquímica de suelos. Método de diseño simplificado de pavimientos por analisis mecanico (dispan) para pavimientos economicos. Caracas, Venezuela. 139 p.(documento).
- España, R. 2008. Riego y Drenaje Manual de prácticas. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora”, UNELLEZ., Guanare. Portuguesa. 93 p.
- España, R., Figueredo, J., Martinez, R., y Hernandez, W. 1995. Levantamiento topográfico en la finca los Figueredo. Barinas. informe de campo. 12 p.
- FAO 2021. Sistemas importantes de patrimonio agrícola mundial. (Documento en línea). En: <http://www.fao.org/giahs/es/> (mayo de 2021).
- Grassi, C. 1992. Riego y Drenaje. CIDIAT. Mérida. 168 p.
- Haestad Methods Water Solutions. 2013. Computer applications in hydraulic engineering. Exton, Pennsylvania, USA: Bentley Institute Press. 429 p.
- Henao, A., Perez, J. y Naranjo, M. 2009. Planificacion de estudios de pago por servicios ambientales en venezuela. Actualidad Contable FACES. N<sup>ro</sup> 12: 44- 53.
- Hétier, J. y López, R. 2005. Tierras llaneras de Venezuela. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales “Ezequiel Zamora” UNELLEZ. 367 p.
- Humboldt, A. 1985. Viaje a las Regiones Equinocciales del Nuevo Continente. Monte Ávila Editores, C.A. Caracas.Vol. I 365 p.
- IDR, CIDIAT, UNELLEZ. 2005. *TIERRAS LLANERAS DE VENEZUELA*. In: Hétier, J. y Lopez, R. Edits. Editorial Venezolana C.A, Merida, Venezuela. 645 p.
- Instituto de Patrimonio Cultural. 2011. Providencia mediante la cual se declara bien de interes cultural toda area geografica definida como monticulo, calzada, petroglifo y todo sito arqueologico en la jurisdiccion de los muicipios pedraza y antonio jose de

sucre del estado barinas. *Gaceta Oficial de la Republica Bolivariana de Venezuela*, CXXXIX Mes III (39.829). pp 1-5.

Ojasti, J. 1981. Papel ecológico de mamíferos en sabanas inundables . Boletín de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales, Caracas, Venezuela. pp. 59-66.

Pasquali, G. 2003. Caminos de Caranaca 25 Siglos de historia. Fondo editorial municipal. Acarigua, Venezuela. 132 p.

PDVSA, BIOCENTRO-UNELLEZ. 2000. Caracterización físico natural para el desarrollo regional de occidente. Escala 1:250.000, cartas nc-19-10 y nc-19-14. Guanare Edo Portuguesa, Venezuela: Asomuseo Biocentro. Proyecto digital.

Rey, J. 2011. ¿A donde nos han llevado las calzadas ? Antropologica, LV: 101-127.

Ruiz, J. 1983. Barinas piedras herradas. Barinas. CORPOANDES. pp. 15-17.

Zucchi, A. 1984. Alternative Interpretations of Pre Columbian Water Management In The Wester Llanos of Venezuela. *Jurnal Ibero-Amerikanisches Institut*: 309 - 327.

Zucchi, A. y Denevan, W. 1979. Campos elevados e historia cultural prehispánica en los llanos occidentales de Venezuela. Universidad Católica Andrés Bello, Instituto de Investigaciones Históricas. Caracas, Venezuela. pp. 209-215.