

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDAS SOSTENIBLES EN MADERA
PARA LA REGIÓN DE LA MOJANA**

**JUAN SEBASTIÁN LEMUS SÁNCHEZ
YAIDER STEVENS ROMERO RUIZ**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ALTERNATIVA TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ
2014**

**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE VIVIENDAS SOSTENIBLES EN MADERA
PARA LA REGIÓN DE LA MOJANA**

**JUAN SEBASTIÁN LEMUS SÁNCHEZ
YAIDER STEVENS ROMERO RUIZ**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de
Ingeniero Civil**

**Director
Paula Andrea Villegas González
Ingeniera Civil**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
ALTERNATIVA TRABAJO DE GRADO
BOGOTÁ
2014**



Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia (CC BY-NC-ND 2.5 CO)

Esto es un resumen legible por humanos del [Texto Legal \(la licencia completa\)](#).

[Advertencia](#)

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de aceptación:

Ing. PAULA ANDREA VILLEGAS GONZÁLEZ
Directora de Proyecto

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 15, diciembre, 2014

AGRADECIMIENTOS

Después de mucho sacrificio, entrega y pasión por mi carrera, el momento clave ha llegado el cual me llena de mucha satisfacción, ya que gracias a Dios que ha puesto cosas maravillosas en mi camino como la posibilidad de ser profesional he sabido culminar este largo camino y así conseguir un logro personal en mi vida el cual siempre llevare conmigo donde valla y me esmerare por ser un profesional ético y competente.

Agradezco a mi familia por todo su apoyo en este camino en especial a mis padres Luis y Mariza que se sacrificaron y dieron todo a diario para que yo tuviera esta oportunidad y sobre todo cada día me enseñaron el valor de ser una persona honesta y correcta en cualquier situación de la vida y para quienes son un ejemplo de vida. Le agradezco a mi hermana Laura quien fue una motivación muy grande para mí y espero ser siempre un ejemplo para ella, agradezco a mi novia Diana por su apoyo, motivación y por su puesto su mucha comprensión en las largas jornadas de trabajo.

Finalmente agradezco a la Universidad Católica de Colombia por brindarme la oportunidad de acceder a un título profesional con idoneidad y valores éticos. A mi tutora de grado la Ingeniera Paula Villegas quien fue una guía y soporte para poder concluir esta etapa y a todos los ingenieros e ingenieras de la universidad quienes aportaron su conocimiento mi formación como estudiante.

Juan Sebastián Lemus Sánchez

Concluido uno de los procesos más importantes de mi vida, quiero agradecer a todas las personas que hicieron parte el, en especial a mis padres, incondicionales desde antes de que diera inicio a todas las metas que me he propuesto, ya que son ellos quienes han erigido los cimientos sobre los cuales he basado todos mis triunfos.

Así mismo agradezco a todos aquellos profesores que forjaron con ética y profesionalidad día a día con esfuerzo mi conocimiento, a mis compañeros con quienes compartí ésta experiencia y que son fieles testigos del compromiso que como personas asumimos para llevar este proceso a cabo. Finalmente, agradezco a Dios porque sin Él nada de lo anterior hubiese sido posible.

Yaider Stevens Romero Ruiz

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. ANTECEDENTES	16
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	19
4. ESTADO DEL ARTE SOBRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN MADERA EN ZONAS DE INUNDACIÓN	21
4.1 ESTRUCTURAS DE MADERA	22
4.2 EL POTENCIAL DE LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL	23
4.3 CHILE APUESTA POR LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA	24
4.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UNA VIVIENDA PALAFITO EN MADERA PLÁSTICA RECICLABLE EN REGIONES IMPACTADAS POR INUNDACIONES EN COLOMBIA	25
4.5 CONCEPTOS PROPOSITIVOS DE VIVIENDAS SOCIALES EN ZONAS DE RIESGO EN VENEZUELA Y BRASIL, A PARTIR DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES, MADERA SÓLIDA Y PRODUCTOS FORESTALES	26
4.6 LOS DEFECTOS NATURALES EN LA MADERA ASERRADA	28
4.7 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MADERA EN CONSTRUCCIÓN	29
4.8 GESTIÓN DEL RIESGO PARA INUNDACIONES Y EROSIÓN COSTERA	34
5. CARACTERIZACIÓN DE LA ECO REGIÓN DE LA MOJANA Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A DATOS ESTADÍSTICOS Y PERIODOS DE INUNDACIÓN	37
5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ECO RREGIÓN DE LA MOJANA	37
5.1.1 Ubicación	37
5.1.2 Sistema Hídrico	37
5.1.3 Población	40
5.1.4 Telecomunicaciones	41
5.1.5 Infraestructura	41
5.1.6 Vivienda	41
5.1.7 Acueducto y Alcantarillado	42
5.1.8 Agentes Contaminantes en Cuerpos de Agua en la Región de la Mojana	42
5.2 SISTEMAS PARA EL MANEJO, RECUPERACIÓN Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL RECURSO FORESTAL	44
5.3 DATOS ESTADÍSTICOS Y PERIODOS DE INUNDACIÓN	49

	pág.
6. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE VIVIENDA SOSTENIBLE	51
6.1 DISEÑO DE LA VIVIENDA	51
6.2 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO	52
6.2.1 Materiales	52
6.2.1.1 Durabilidad de la Madera	54
6.2.1.2 Protección y Mantenimiento de la Madera	55
6.2.2 Estructura	55
6.2.2.1 Detalles Estructurales de Planta	56
6.2.2.2 Detalles de las Secciones Transversales de Columnas y Vigas.	57
6.2.3 Cubierta	57
6.2.4 Entre Pisos y Muros	58
6.2.5 Sistema de Recolección de Aguas Lluvias	59
6.2.6 Diseño del Canal	61
7. CONCLUSIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	65

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Terminología Empleada para la Clasificación de la Madera para uso Estructural	30
Tabla 2. Defectos Máximos Permisibles en la Madera para Usos Estructurales en Vivienda	31
Tabla 3. Condiciones para Determinar las Propiedades Mecánicas de la Madera	32
Tabla 4. Resultados de la Clasificación y Calificación	33
Tabla 5. Resultados de la Resistencia a Compresión y Módulo de Elasticidad	34

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Municipios Afectados por la ola Invernal 2010-2011	20
Cuadro 2. Características Generales de los Municipios del Núcleo de La Mojana	40
Cuadro 3. Caracterización del grado de contaminación de los recursos naturales en La Mojana	43
Cuadro 4. Especies Maderables Encontradas en la Ecorregión de la Mojana	48
Cuadro 5. Especies Definitivas para el Diseño de la Vivienda Prototipo.	52

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. La Mojana, Delta Hídrico	38
Figura 2. Pulso de Inundación. Rio Magdalena en la Estación Calamar. Niveles excedidos entre 1967 y 2005	39
Figura 3. Inundaciones en la Región de La Mojana	50
Figura 4. Prototipo de Vivienda Sostenible en Madera	51
Figura 5. Distribución de las Especies Maderables para los Elementos de la Vivienda Prototipo	53
Figura 6. Detalle de Estructura a 2 Aguas con Vigas Tipo 'Cerchas' de Grandes Luces.	54
Fuente 7. Estructura a Porticada del Prototipo de Vivienda	55
Figura 8. Dimensiones Vivienda Prototipo. Primer Nivel.	56
Figura 9. Dimensiones Vivienda Prototipo. Segundo Nivel.	56
Figura 10. Detalle de las vigas	57
Figura 11. Detalle de las Columnas	57
Figura 12. Cubierta de par Hilera o Parileras	57
Figura 13. Piso Madera Arrayán Cerezo	58
Figura 14. Muros en Roble. Blog de Arquitectura y Diseño.	58
Figura 15. Detalle de Entre Pisos y Muros	59
Figura 16. Conducción de Aguas Lluvias por Canaletas	59
Figura 17. Vista de Planta de la Distribución de los Tanques de Almacenamiento	60
Figura 18. Detalle del Perfil del Sistema de Almacenamiento de Aguas Lluvias	60
Figura 19. Isométrico del Canal.	61
Figura 20. Sección Transversal del Canal	61

GLOSARIO

DESARROLLO SOSTENIBLE: es el conjunto de procesos que no comprometen los recursos ambientales, económicos y/o sociales, con los que se pretende brindar la oportunidad a generaciones futuras de aprovechar de tales recursos y de vivir en iguales o mejores condiciones a las nuestras.

DESARROLLO SOSTENIBLE: es el conjunto de procesos que no comprometen los recursos ambientales, económicos y/o sociales, con los que se pretende brindar la oportunidad a generaciones futuras de aprovechar de tales recursos y de vivir en iguales o mejores condiciones a las nuestras.

INUNDACIÓN: las inundaciones son el resultado de lluvias fuertes o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos, riachuelos y áreas costeras. Esto hace que un determinado curso de aguas rebalse su cauce e inunde tierras adyacentes.

LA MOJANA: la Mojana es una ecorregión de especial importancia nacional que hace parte del complejo de humedales de la Depresión Momposina, la cual es una cuenca hidrográfica sedimentaria de 24.650 km² reguladora de los caudales de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge.

MADERA: la madera se define como la sustancia vegetal más o menos dura, compacta y fibrosa que se extrae del tronco, ramas y raíces de las plantas leñosas. Es una agrupación de células de formas muy variadas de diferentes tamaños y características. Por lo tanto la madera no es un material homogéneo, o sea, no tiene una estructura uniforme y debe cumplir en el árbol o vegetal vivo tres funciones: la conducción de la savia, o sea agua y sustancias disueltas, la transformación y almacenamiento de sustancias de reserva y el sostenimiento o resistencia mecánica del vegetal.

MITIGACIÓN: es el proceso por el cual se toman diversas acciones que tienen como fin la prevención sobre los riesgos que pueden generar pérdidas de vidas humanas y daños en las infraestructuras de servicios de una población.

PROTOTIPO: el prototipo es la primera versión o modelo del producto, en que se han incorporado algunas características del producto final. Se crean con rapidez y a bajo costo para explorar la factibilidad del concepto preliminar. Se puede fabricar a mano, de materias simples, pero también se puede contar con la pericia de un ingeniero, diseñador o desarrollador profesional de prototipos. De todos modos, el objetivo del prototipo es ayudar al emprendedor a visualizar y refinar su producto porque aunque el producto funciona bien en teoría, no es hasta que se empieza a trabajar en el prototipo cuando se empiezan a ver los fallos y los puntos de mejora.

RIESGO: probabilidad de que un daño pueda ocasionar pérdidas de tipo social, cultural, económico y ambiental durante un periodo determinado dentro de un territorio, debido a un fenómeno natural o de origen antrópico.

RÍO CAUCA: nace en el Macizo Colombiano cerca de la Laguna del Buey y corre en dirección norte hasta su desembocadura en el río Magdalena en el departamento del Bolívar. Tiene una longitud de 1.350 km. de los cuales 620 km. son navegables. Es el segundo río más importante del país.

RÍO MAGDALENA: es la más importante vía fluvial de Colombia así como una gran fuente hidroeléctrica y belleza natural. Nace cerca de la Laguna de la Magdalena ubicada en el Páramo de las Papas del Macizo Colombiano. Atraviesa el territorio colombiano de sur a norte desembocando en el Mar Caribe en Bocas de Ceniza.

RÍO SAN JORGE: la región del medio y bajo río San Jorge se localiza en la costa Caribe de Colombia (Sur América) en los departamentos de Córdoba y Sucre. El río San Jorge, el cual tiene una longitud de 368 Km., nace en el Parque Nacional Natural Paramillo (departamento de Antioquia), atraviesa las serranías de San Jerónimo y Ayapel y desemboca en el delta de los ríos Cauca y Magdalena (departamento de Sucre), en una extensa zona cenagosa e inundable denominada Depresión Momposina.

VIVIENDA: recinto estructuralmente separado e independiente que, por la forma en que fue construido, reconstruido, transformado o adaptado, está concebido para ser habitado por personas.

RESUMEN

El producto de esta investigación consta del análisis sobre la problemática de la población en la ecorregión de la Mojana en temporada de lluvia, debido a que se han estado presentando inundaciones cada vez más fuertes con el paso de los años, generando unos problemas sociopolíticos adicionales para la población. Como segunda parte de esta investigación se propone el diseño de la vivienda tipo que mejor se adecue a las necesidades socio-ambientales y económicas de la zona de La Mojana, con el fin de garantizar su resistencia, estabilidad y durabilidad.

El diseño de este prototipo se realizó teniendo en cuenta las normas de resistencia y ambientales pertinentes para esta. Basándose en satisfacer las falencias con respecto a tener una vivienda digna y la tranquilidad de estar seguros sin estar con la incertidumbre de que su vivienda que debe ser un lugar seguro este en riesgo por una posible inundación.

Por último para este diseño se hará con tipos de madera que se encuentren en esta zona para poder generar un diseño sostenible y que pueda ser fácil de emplear por las personas menos favorecidas de esta región.

INTRODUCCIÓN

La calidad en materia de vivienda ha sido uno de los parámetros más importantes para evaluar el nivel social en el que se desarrolla una comunidad, debido a esto es necesario garantizar que todas las condiciones que existan alrededor de dichas comunidades, brinden un ambiente propicio para el desarrollo de la vida digna.

La Mojana, ubicada en el Nor-Occidente de Colombia, es una de las regiones que más padece problemas en cuanto a déficit habitacional, este a su vez está directamente relacionada con las deficiencias de carácter político, económico y social, en donde las comunidades que están establecidas allí son las más afectadas. Una de las causas del deterioro de esta región ha sido la falta de organización por parte de las entidades del estado, quienes no han establecido políticas de calidad que opten por el desarrollo de la ecorregión de La Mojana de manera sostenible, ya que es importante que se brinden todos los recursos para satisfacer las necesidades normales de una comunidad de manera digna, pero esto sin dejar a un lado la importancia ecológica que tiene La Mojana.

La relación entre el medio ambiente y los asentamientos humanos ha venido deteriorándose y la razón se encuentra en la falta de planeación a la hora de llevar a cabo una línea propicia en el que dicha relación si presente un cambio sostenible pero que no se rompa abruptamente. Por ende es necesario que dentro de los proyectos presentados se tengan en cuenta una serie de factores como el impacto que genera su construcción en ecosistemas frágiles. La Mojana es uno de esos ecosistemas ya que en ciertos periodos del año presenta grandes niveles de inundación lo cual afecta la calidad de vida de los habitantes de esta región.

Dado lo anterior, este documento propone el diseño de un prototipo de vivienda en madera sostenible, es decir, que se puedan aprovechar los recursos de la zona para su construcción con todos los requisitos exigidos en cuanto a resistencia, estabilidad y durabilidad y que pretenda regularse desde los estudios previos hasta la operación del proyecto, con las disposiciones enmarcadas en el desarrollo sostenible.

Este proyecto consta de tres partes, la primera se fundamentó en el estado del arte sobre construcción de viviendas en madera en zonas de inundación en diferentes partes del mundo, con el fin de establecer y presentar las condiciones más importantes sobre los estudios, investigaciones y artículos sobre la madera como elemento de construcción y las características que esta posee a la hora de utilizarla en diferentes condiciones, especialmente en zonas con alta probabilidad de inundación.

Posteriormente y como segunda parte del proyecto se presentará una caracterización de la ecorregión de La Mojana donde se darán a conocer sus principales aspectos sociales, económicos, geográficos y ambientales, con el

propósito de establecer las condiciones iniciales a las que debe adaptarse el diseño de las viviendas.

Por último se presentará el diseño del prototipo de una vivienda en madera dadas las condiciones que se presentan en la zona, con el fin de brindar los aspectos más importantes en cuanto a calidad y funcionalidad, así mismo se enmarcó el diseño dentro de las disposiciones más relevantes en materia de desarrollo sostenible.

1. ANTECEDENTES

Para el año 2009 la Revista Escala y la Sociedad Colombiana de Arquitectos convocaron el concurso estudiantil llamado CONVIVE III, desarrollado en base a un sector de La Mojana, el cual se fundamentaba en crear un proyecto urbano sobre la ya existente ciudad de San Marcos, ubicada en Sucre, en el que se incluyera un plan de vivienda dentro de la misma propuesta de organización urbana.

La Mojana es un espacio particular dentro de la geografía y la historia de Colombia. Es un lugar con una riqueza natural difícil de comparar debido a su complejo ecosistema, hábitat de un sinnúmero de especies de fauna y flora únicas en nuestro país. Este territorio fue donde la antigua cultura Zenú desarrolló una de las civilizaciones más impresionantes en la historia de Colombia. Sus asentamientos son muestra de un complejo sistema económico, social y urbano, que aún hoy se conserva con alguna dificultad.

Los zenúes construyeron un vasto sistema hidráulico que relacionaba ríos, ciénagas y caños, controlando sus dinámicas a través de la creación de una gran malla de canales artificiales. Levantaron sus viviendas en plataformas artificiales, desde donde controlaban el territorio, y lo entretejieron con los canales de agua. Toda su cultura se puede entender como un tejido de múltiples relaciones políticas, económicas, ambientales y sociales, evidente no sólo en el manejo del territorio, sino también en su orfebrería y artesanías. La región de La Mojana es un tesoro oculto dentro del territorio colombiano. La arquitectura tiene el deber de resaltar y potenciar su paisaje, su geografía y su historia¹.

La ecorregión de La Mojana ha sufrido un acelerado proceso de afectación del patrimonio ambiental, económico y cultural (deterioro de humedales, bosques y zápales, deforestación, reducción acelerada de la pesca y la fauna, contaminación de fuentes hídricas, desequilibrio del sistema hidrológico, pérdida de las prácticas culturales como cultura anfibia y privatización de las tierras comunales).

El deterioro, de una de las regiones más estratégicas para el país, ha generado desequilibrios ambientales, económicos y un malestar social que induce a la emigración, el desplazamiento y acentúa la inseguridad alimentaria. Las actividades agrícolas de subsistencia se dificultan a raíz del empobrecimiento y sobrexplotación de los suelos, el limitado acceso a tierra productiva, la prolongación y mayor nivel de los ciclos de inundaciones; por lo cual se aumenta el desempleo y los niveles de pobreza. Así mismo, subsisten actividades productivas de mayor escala como ganadería y cultivos de arroz que no han generado mayor desarrollo, ni valor agregado local. Además el aprovechamiento e intervención indiscriminada sobre los recursos naturales ha dado origen al desvío de caños, apropiación de

¹ EBLE, Manuela; OSPINA, Martín; SÁENZ, Luis Hernán; SORZANO, María Juliana. Proyecto de vivienda para la Mojana [en línea]. Bogotá: Universidad de los Andes [citado 25 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/projects/attachments/dearq06_11_-_Eble_-_Ospina_-_Saenz_-_Sorzano.pdf>

playones y rellenos de ciénagas, generando además una elevada concentración en la propiedad de la tierra.

Adicionalmente, los niveles de las inundaciones se han acentuado por efecto de fenómenos de variabilidad climática, manifestándose en ciclos de lluvia superiores a los promedios regulares y periodos amplios de sequías que inciden negativamente en las actividades económicas y aumentan la vulnerabilidad y la exposición de los asentamientos poblacionales a fenómenos naturales, con el consecuente deterioro o pérdida de las viviendas, de infraestructuras, de servicios y limitaciones para el transporte y la movilidad.

Por otra parte, los recursos hídricos están sometidos a una creciente contaminación proveniente de la explotación minera (mercurio y cianuro principalmente), del uso de plaguicidas, sedimentos, residuos urbanos y del manejo inapropiado de los sistemas de saneamiento básico. La contaminación de mercurio por la explotación y beneficio del oro, en diversos ámbitos bióticos y abióticos del ecosistema ha demostrado presencia de este metal pesado en macrófitas, pescados y se han encontrado fenómenos de biomagnificación³ en dos ciénagas al sur de Bolívar².

Con este proyecto de investigación se evaluarán algunas de las características estructurales de diferentes tipos de madera presentes en La Mojana, con el fin de dar paso a estudios posteriores en los que se puedan llevar a cabo proyectos de infraestructura sostenibles que puedan mitigar los problemas de la población en épocas de inundación y que estos no sólo incluyan vivienda de interés social sino que incluyan otra clase de proyectos.

Con el paso de los años la sobreexplotación de los suelos de La Mojana, la privatización de áreas que tenían usos comunales y el desplazamiento de las poblaciones que estaban asentadas en este territorio, causadas por el manejo incorrecto de las políticas sociales, económicas y ambientales, han desencadenado consecuencias como el aumento en los niveles de inundación. No obstante existen poblaciones que continúan habitando allí y es necesario que se les brinde la posibilidad de obtener una vivienda que se acomode a las necesidades que el entorno les muestra.

El aval de un proyecto de este tipo tiene implicaciones importantes en los campos socio-económicos para un territorio con niveles de pobreza muy altos y con una ineficacia en las políticas sociales de las instituciones públicas del territorio.

² DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: DNP [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un prototipo de vivienda en madera de interés social y sustentable ambientalmente, con el propósito de mitigar los efectos de las inundaciones sobre la población asentada en la zona de La Mojana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estado del arte en viviendas de madera para zonas de inundación.
- Evaluar las especies maderables presentes en la zona de La Mojana, con el fin de determinar cuál es la más óptima desde el punto de vista estructural, ambiental y estético para la construcción de las viviendas. También se recopilara información estadística sobre el periodo de lluvias y la cota de inundación de la región.
- Realizar el diseño de la vivienda tipo que mejor se adecue a las necesidades socio-ambientales y económicas de la zona de La Mojana, con el fin de garantizar su resistencia, estabilidad y durabilidad.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A lo largo del tiempo en la ecorregión de la Mojana y específicamente en los asentamientos humanos ubicados allí, se han generado afectaciones por las inundaciones en sus viviendas. Esta problemática se debe a factores ambientales como: la deforestación, contaminación y desequilibrio de las fuentes hídricas, deterioro de sus humedales ya que estos son reguladores de los caudales de los ríos más grandes que se encuentran en esta región; pero fundamentalmente la problemática más preponderante para esta ecorregión por sus características ambientales es la que se refiere al cambio climático, “manifestándose en ciclos de lluvia superiores a los promedios a regulares”³. Lo cual se vio reflejado con la presencia del fenómeno de la niña es decir un aumento desmedido de las lluvias en todo el país, lo cual provoco una serie de inundaciones entre el año 2010 y 2011.

A continuación se presentan los municipios afectados por la ola invernal que se produjo entre el año 2010 y 2011, información que fue suministrada por el IDEAM, IGAC y del DANE en el año 2011.

Como se muestra en la 1. Terminología Empleada para la Clasificación de la Madera para uso Estructural; “Los municipios que tuvieron el mayor porcentaje de área cubierta por la inundación fueron: Caimito, Magangué, San Benito Abad y Sucre. Si se compara este dato con la inundación del año 2005, se observa que los municipios que han sido afectados notablemente en ambas olas invernales son: Caimito, San Benito Abad y Sucre”⁴ (véase el Cuadro 1).

³ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: DNP [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>

⁴ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: DNP [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

Cuadro 1. Municipios Afectados por la ola Invernal 2010-2011

Municipios afectados	Área municipal (ha)	Área cuerpos de aguas (ha)	Área zonas inundadas periódicamente (ha)	Áreas inundadas 2010-2011 (ha)	Total superficie cubierta (ha)	% de área cubierta
Achí	97.240,18	16.187,94	14.687,24	16.681,04	47.556,22	48,9%
Ayapel	192.600,70	10.448,92	36.785,50	47.574,48	94.808,90	49,2%
Cairito*	48.354,04	7.059,25	11.892,78	6.991,87	25.943,90	53,7%
Guaranda*	34.539,08	238,42	1.799,92	4.765,45	6.803,79	19,7%
Magangué	110.901,77	26.574,98	23.323,37	16.123,11	66.021,46	59,5%
Majagual*	89.328,96	520,11	7.529,17	12.084,38	20.133,66	22,5%
Nechí*	95.322,76	3.286,19	5.978,37	27.933,09	37.197,65	39,0%
San Benito Abad*	148.188,55	34.567,85	38.094,92	17.746,98	90.409,75	61,0%
San Jacinto del Cauca	56.083,53	4.257,41	2.486,87	11.237,09	17.981,37	32,1%
San Marcos*	100.968,04	10.235,50	18.940,61	21.467,23	50.643,34	50,2%
Sucre*	110.562,56	27.429,75	40.302,22	20.817,17	88.549,14	80,1%
Total	1.084.090,17	140.806,32	201.820,97	203.421,89	546.049,18	50,4%

Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: DNP [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

Como lo demuestra la Cuadro 1, presentada anteriormente, el problema en materia de inundación es realmente importante, en promedio la mitad (50.4%) de los territorios que comprenden la ecorregión de La Mojana se vieron considerablemente afectados por la ola invernal del año 2010-2011. Sucre fue el municipio en donde se presentaron los datos más críticos, en donde el 80.1 % del área del territorio estaba inundado, doblando la cantidad de zonas que se inundan periódicamente.

Lo anterior es un reflejo de lo que sucedió en toda la ecorregión de La Mojana al comparar el área de las zonas inundadas periódicamente (201.820,97 ha) y las áreas adicionales inundadas para el 2010-2011 durante la ola invernal (203.421.89 ha), es preocupante que haya incrementado en esa magnitud, ya que trajo consigo una serie de problemas socio-económicos, entre ellos la inundación de las viviendas.

Por otro lado existen problemas sociales y administrativos los cuales potencializan esta problemática en la ecorregión de la Mojana. Entre estos problemas se encuentran: los bajos recursos de la población, un deficiente ordenamiento del territorio lo cual redundo en una inadecuada ubicación de las viviendas y por ultimo un diseño de las mismas que no corresponde ni tiene en cuenta las características ambientales, ecológicas y los regímenes de lluvia e inundación de esta ecorregión.

Teniendo en cuenta la problemática anterior. ¿Sera viable el diseño de un prototipo de vivienda sostenible en madera para mitigar la vulnerabilidad a las inundaciones y de esta manera elevar la calidad de vida de la población asentada en la ecorregión de la Mojana?.

4. ESTADO DEL ARTE SOBRE CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS EN MADERA EN ZONAS DE INUNDACIÓN

En este capítulo se analizarán algunas ideas tomadas de artículos sobre investigaciones hechas sobre la madera y su potencial estructural, aspectos que van tomando cada vez más fuerza en la construcción y que tiene logros importantes en varios países.

Con el fin de conocer nuevas medidas, tecnologías e innovaciones de la construcción de viviendas en madera y sobre todo en zonas de inundación. Para que de esta forma pueden ser aplicadas en el diseño de una vivienda sostenible en la zona de inundación de la ecorregión de la Mojana.

La madera proviene de los árboles. Este es el hecho más importante a tener presente para entender su naturaleza. El origen de las cualidades o defectos que posee pueden determinarse a partir del árbol de donde proviene. La madera tiene una compleja estructura natural, diseñada para servir a las necesidades funcionales de un árbol en vida, más que ser un material diseñado para satisfacer necesidades de carpinteros.

El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material.

En este aspecto radica la importancia de que exista información adecuada y estructurada a los actuales requerimientos, ya que permite a los profesionales que intervienen en el diseño, cálculo y ejecución de construcciones en madera, realizar una acertada gestión y correcta utilización del material, con el objeto de cumplir altos estándares de calidad y bienestar, a precios convenientes en el mercado de la vivienda.

La madera es históricamente uno de los materiales más utilizados por el hombre. Actualmente, en la mayoría de los países desarrollados su uso como material estructural alcanza a más del 90% de la construcción habitacional de 1 a 4 pisos⁵.

La madera hoy en día es muy poco utilizada como elemento estructural en construcciones verticales. Esto se debe al poco conocimiento del público sobre este material. La madera es un material orgánico renovable y esta crece y se desarrolla bajo una serie de cambios e imprevistos naturales que pueden generar en ella algunos defectos. Pero al tener conocimiento sobre los defectos de la madera, puede tratarse para poderla utilizar como elemento estructural.

⁵ CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. Manual La Construcción de Viviendas en Madera [en línea]. Santiago de Chile: La Corporación [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.ctt.madera.cl/wp-content/uploads/2007/03/unidad_1-madera.pdf>

Ya en otros países desde hace varios años incluyendo algunas obras en Colombia ya se ha utilizado la madera como elemento estructural, aunque hay poco conocimiento sobre esta. A la madera se le han realizados varios estudios como el de humedad que desde la parte técnica es el que más preocupa a la hora de tenerla en cuenta como elemento estructural, sin embargo esta respondió muy bien a los ensayos realizados aunque el comportamiento de esta depende de la especie a utilizar.

También se han realizado evaluaciones y ensayos a varias especies de madera para analizar sus propiedades mecánicas, y se concluyó que las partes de un árbol con las propiedades más óptimas para uso en la construcción son el corazón y la médula.

Realizando ensayos para observar el comportamiento con respecto a la humedad y los esfuerzos generados sobre una estructura de una especie a utilizar como elemento estructural, se pueden realizar diseños acertados y adecuados utilizando madera y así se podrán elaborar construcciones limpias, innovadoras, sostenibles y poco contaminantes. Por otra parte el costo de obra de la madera es mucho más bajo que el tradicional en concreto esto es un ítem muy valioso a la hora de tomar decisiones respecto a en que material construir, por eso como conclusión final se debe fomentar el uso de la madera como elemento estructural ya que responde satisfactoriamente contra la humedad y soporta esfuerzos de compresión, tensión y cortante, y la utilización de esta es de menor costo que los materiales normalmente utilizados.

4.1 ESTRUCTURAS DE MADERA

El artículo llamado “Estructuras de Madera fue desarrollado por Patricio Mardones Hiche en la Ciudad de Santiago de Chile”⁶. Este hace referencia a las múltiples características en materia estructural que posee este elemento, así mismo sobre el potencial que puede llegar a tener en cuanto a la estética.

En la actualidad existen pocas obras hechas en madera a comparación de la magnitud que ha tenido el concreto armado, para ello debe tenerse en cuenta todo lo que a desarrollo sostenible se refiere, en donde se potencializaría un elemento que ofrece la oportunidad de intervenir en grandes proyectos que involucran aspectos estructurales y constructivos importantes tanto como lo son los aspectos urbanísticos y arquitectónicos.

También cabe resaltar que el potencial que posee la madera en materia estructural le permite detalles como las grandes luces y edificaciones de mediana altura, así mismo, su fácil manejo y sus características naturales como el color, olor, etc., la

⁶ MARDONES HICHE, Patricio. Estructuras de Madera [en línea]. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37528909001>>.

hace un elemento que posee los primeros y más importantes argumentos para pensar en agregar a las normas de construcción, una reglamentación óptima, sostenible y amplia que involucre el potencial de la madera.

De lo descrito en el párrafo anterior es importante resaltar las grandes características que posee la madera como material de construcción, sin embargo, al enmarcar todo proyecto de vivienda dentro el desarrollo sostenible, es indispensable hacer el estudio previo sobre la madera más óptima tanto en resistencia como en impactos ambientales y así lograr un diseño que cumpla las normas legales estructurales, ambientales y posteriormente se explote su potencial estético.

4.2 EL POTENCIAL DE LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL

“El proceso de elección del material a ser utilizado en una estructura, dentro de un proyecto ingenieril y arquitectónico, implica abarcar todas las características que estos materiales tienen a la hora de actuar como una estructura”⁷.

Debido a lo experimentado que se ha vuelto el mundo en el uso de innovadores materiales para la construcción, entre ellos la madera por su potencial estructural visto desde la ingeniería y a su vez el potencial artístico que posee visto desde la arquitectura. Por esta razón es necesario abordar de manera responsable y clara el uso de la madera como elemento constructivo.

Ejemplo de lo anterior es el Proyecto Centro de Eventos Casona de la Laguna que se realizaría en Chicureo, Chile, iniciado en Marzo de 2012 y en el cual se hicieron ensayos de laboratorio a la madera prevista a usar, ya que se implementarían condiciones que no se encontraban reglamentadas. Los resultados fueron satisfactorios, sin embargo hay condiciones que no eran aptas a comparación de otros materiales. De esto se concluyó que la conectividad, vista como el procedimiento más adecuado por el cual se unirán los elementos estructurales y no estructurales, sería un factor relevante desde el inicio de la obra.

Es importante para la arquitectura implementar el uso adecuado de la madera, en donde se potencialice no sólo como elemento que da forma y estética sino que no se deje a un lado su capacidad estructural.

⁷ VALLADARES PAGLIOTTI, Enzo. El Potencial de la Madera Como Elemento Estructural [en línea]. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37528909011>>

4.3 CHILE APUESTA POR LA CONSTRUCCIÓN EN MADERA

El artículo que tiene por título “Chile apuesta por la construcción en madera”, presentado en el año 2008, hace referencia a un proyecto que tiene como objetivo fundamental cambiar la percepción que tiene la mayoría de la población Chilena en torno a la utilización de la madera para construir viviendas, la cual se expresa en el hecho de que la madera no tiene cualidades de durabilidad y seguridad que sí dan otros materiales.

Esta investigación la realizaron el Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera (CIDM) que fue formado mediante una alianza entre la Pontificia Universidad Católica de Chile y la Corporación de la Madera, Corma. Para ello, cuatro unidades académicas (Arquitectura, Construcción Civil, Diseño e Ingeniería) a través de su equipo de docentes postularon al Fondo de Fomento al Desarrollo Científico y Tecnológico, Fondef, dependiente de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología. La propuesta de esta investigación fue demostrar que el uso de Pino Riata como madera para la construcción de viviendas tiene las características de excelencia para a resistencia, durabilidad y confort de las viviendas⁸.

Para lo anterior propusieron tres poblaciones (Puerto Montt, Temuco y Santiago) de Chile, estas tienen condiciones climáticas diferentes que les permitió probar que la madera del Pino Riata tiene beneficios en términos de “protección solar, ventilación nocturna, entre otras”.

El primer resultado que dejó esta investigación fue la elaboración del Manual de Diseño:

Construcción, Montaje y Aplicación del Muro Envolvente. El cual será una guía técnica que le servirá a estudiantes, profesionales, docentes, empresarios y expertos del tema. Finalmente se debe señalar que lo que está consignado en el artículo en mención es la primera etapa de investigación, en la segunda etapa se plantea como objetivo aumentar la oferta de productos industriales de madera hacia productos de complejos de techumbre, piso y entrepiso, que ofrezcan un buen comportamiento físico ambiental y estructural, de seguridad frente al fuego y de durabilidad ante problemas de agentes bióticos y abióticos⁹.

La investigación también demostró que la madera para la construcción de madera es una alternativa económica ya que tiene un bajo costo al ser materia prima y la velocidad de ejecución es más rápida que con otros materiales.

⁸ SALAZAR M., Verónica. Proyectos que buscan hacer de la vivienda de madera, una vivienda de calidad: Chile apuesta por la construcción en madera [en línea]. Santiago de Chile: Revista de la Construcción [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127612580012>>.

⁹ SALAZAR M., Verónica. Proyectos que buscan hacer de la vivienda de madera, una vivienda de calidad: Chile apuesta por la construcción en madera [en línea]. Santiago de Chile: Revista de la Construcción [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127612580012>>.

4.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE UNA VIVIENDA PALAFITO EN MADERA PLÁSTICA RECICLABLE EN REGIONES IMPACTADAS POR INUNDACIONES EN COLOMBIA

La idea fundamental para el inicio de la investigación nace de los registros sobre las características de las oleadas invernales de los últimos años, especialmente la que se presentó para el 2010, que dejó más de un millón y medio de damnificados, siendo Chocó, Bolívar, Antioquia, Córdoba, Sucre, Santander, Cauca y Valle del Cauca los departamentos en los que se registraron más daños.

Dado lo anterior se plantearon una serie de objetivos, en donde se resaltaba el poder determinar las características que debía presentar la madera plástica reciclable para que funcionara de manera efectiva durante las olas invernales, teniendo en cuenta las características reales de la región donde sería implementada, apoyados de información de entidades del estado, esto para tener una noción real de los proyectos realizados y de las políticas vigentes de las administraciones municipales, gubernamentales, etc., así mismo se revisaron investigaciones a nivel nacional e internacional que dieran detalle del estado del arte de la región. Adicional a lo anterior se hizo comprobación de especificaciones de la madera con empresas del sector.

En cuanto a las características de la madera se presentaron aspectos como su resistencia mecánica, a la corrosión, agua, ácidos, etc., vida útil de hasta 150 años, aislante térmico y eléctrico, higiénico e impermeable, entre otras. Importante resaltar el marco del desarrollo sostenible en el que está inmerso el uso de la madera.

“En materia de vivienda y aspectos sociales, políticos y económicos en general, el municipio de Caucasia (Antioquia) presenta unas condiciones desfavorables en cuanto a las necesidades básicas insatisfechas (27.8%, 7.491 hogares), la ola invernal del 2010-2011 afectó a alrededor de 29.000 personas”¹⁰.

Las viviendas palafito poseen unas características marcadas, entre ellas está la adaptabilidad de los materiales usados para su construcción ya que son extraídos de la misma zona, además de la sencillez del proceso de construcción, lo económico que pueden llegar a ser los materiales hace que perdure en el tiempo la tradicionalidad de este sistema de viviendas y se conviertan en lugares con importancia cultural.

Si bien los resultados estaban reflejados para algunos municipios de Antioquia, es importante resaltar que poseen características propias de La Mojana, que pueden tenerse en cuenta para el diseño de la vivienda tipo ya que la ola invernal afectó en

¹⁰ GIRALDO María; RESTREPO, Alex y CUESTA, Carlos. Características básicas de una vivienda palafito en madera plástica reciclable en regiones impactadas por inundaciones en Colombia [en línea]. Medellín: Colegio Mayor de Antioquia [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.colmayor.edu.co/archivos/616_proyecto_vivienda_palafito_pwusf.pdf>.

proporciones relativamente parecidas a los municipios de la ecorregión de La Mojana.

4.5 CONCEPTOS PROPOSITIVOS DE VIVIENDAS SOCIALES EN ZONAS DE RIESGO EN VENEZUELA Y BRASIL, A PARTIR DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES, MADERA SÓLIDA Y PRODUCTOS FORESTALES

Con el rápido crecimiento de las poblaciones ha sido necesario llevar a cabo proyectos de vivienda, este es un problema que se presenta en la mayoría de los países suramericanos, ejemplo de ello: Brasil y Venezuela, dos países que a pesar de sus diferencias de idioma, extensión geográfica, diferencias demográficas, presentan problemáticas bastante similares.

“Para el segundo periodo del año 2010, Venezuela sufrió una serie de desastres relacionados con la ola invernal, desastres que tuvieron un impacto más grande en los barrios con niveles de pobreza altos y las razones que sobresalen radican en la construcción de viviendas al margen de fuentes hídricas y en general en zonas de alto riesgo”¹¹.

Dado lo anterior es indispensable que se potencialicen, masifiquen e implementen nuevos sistemas constructivos con materiales nuevos que posean las características necesarias para dicho fin. Uno de esos sistemas es la construcción en madera, en conjunto con la incorporación de la infraestructura de servicios óptima, y debido a que Venezuela y Brasil poseen un potencial económico, con la generación de bienes de consumo, y un potencial social, por la capacidad en mano de obra, es necesario que las políticas de las entidades públicas encargadas del tema de vivienda vayan generando pautas sobre las construcciones civiles en madera.

Sin embargo, dado que la situación económica de los últimos años en Venezuela ha sido bastante problemática, el aprovechamiento de los recursos forestales no representa un ingreso importante a nivel nacional dada la falta de cultura en cuanto al uso de la madera, desde la ausencia de industrias que la transformen hasta profesionales que planteen proyectos que hagan uso de ella. No obstante, Brasil si posee una industria de carácter forestal completa, tanto que tuvo un aporte del 4,5% al PIB del año 2.004, siendo el cuarto mayor productor mundial de productos forestales y el catorceavo exportador, ya que el consumo a nivel nacional es de gran extensión. Sin embargo, aún con todo el potencial mencionado anteriormente, Brasil no cuantifica valores importantes en la disminución de los problemas de vivienda,

¹¹ CONTRERAS, Wilver; OWEN, Mary; BARRIOS, Eric; Rondón, María; CLOQUELL, Vicente y GATICA, Ítalo. Conceptos propositivos de viviendas sociales en zonas de riesgo en Venezuela y Brasil, a partir de sistemas constructivos tradicionales, madera sólida y productos forestales [en línea]. Caracas: Revista Forestal Venezolana [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32528/1/nota1_wilvercontreras.pdf>.

ya que así como Venezuela, posee la cultura de las construcciones con materiales pétreos artificiales.

Dado lo descrito anteriormente se plantearon dos propuestas que involucraran la construcción con materiales forestales, acero y hormigón, ya que económicamente es una alternativa integral.

El desarrollo de las propuestas está basado en la consecución de información sobre los factores del desarrollo de la sociedad, intervinieron temas como la falta de recursos de las entidades estatales, la limitación en cuanto al área sobre la que se debía realizar el diseño, siendo estas demasiado pequeñas, las tendencias urbanísticas en las que se proyectaban altas densidades, los factores climatológicos, la participación de las comunidades y la generación de un ambiente enmarcado dentro del desarrollo sostenible.

La primera propuesta de viviendas sociales conjuga un sistema estructural mixto de madera-hormigón armado y sistema de cerramientos de productos forestales, en donde se tiene prevista la protección contra fuego, ruido, viento y sismo y sobre todo que sea de bajo costo. El diseño presenta una vivienda que está separada del suelo setenta centímetros, apoyada en pilotes, estos pueden ser remplazados por columnas en hormigón para aprovechar el terreno que hay debajo de la vivienda. Se compone de armaduras y paneles estructurales auto portantes.

La segunda propuesta de viviendas sociales conjuga un sistema estructural mixto de madera-hormigón armado y sistema de cerramientos de productos forestales a partir de madera contra-listonada. Estructuralmente se compone de paneles auto-portantes triangulares en madera laminada, que permiten absorber todas las cargas y esfuerzos, que a su vez irán a los pilotes prefabricados de hormigón armado.

Uno de los aspectos más importantes es la conjugación de elementos de construcción tradicionales, el acero y el concreto, con los no tradicionales, la madera, de cierta manera este factor brinda un potencial audaz en el que los principales beneficiarios con las propuestas expuestas son las personas de más bajos recursos, debido a lo económicos y funcionales que se tornan los diseños.

Aun siendo los diseños propuestos para Brasil y Venezuela, no sobra decir que pueden acoplarse a la mayoría de los países de América latina, donde las condiciones mencionadas sobre el estado del arte, previamente estudiado para el posterior diseño de las viviendas, son semejantes en un gran porcentaje, por ende es necesario tener en cuenta varias de las características presentadas en el artículo como una guía estructurada sobre las variadas posibilidades que se pueden encontrar a la hora de resolver el problema de déficit habitacional, siempre siendo amable con las características ambientales de la zona de estudio.

4.6 LOS DEFECTOS NATURALES EN LA MADERA ASERRADA

En este artículo se habla de los usos de la madera aserrada y de los defectos que puede tener a la hora de ser utilizada, al igual que los factores que limitan la utilización de esta como elemento estructural en construcciones verticales.

La madera aserrada es aquella que es cortada longitudinalmente con una sierra mecánica o en algunos casos, manual. Este tipo de madera es muy utilizada en el área de ingeniería y obras provisionales tales como: las cimbras y obras falsas, en la fabricación de muebles, tarimas, envases, embalajes, entibado de minas y en la elaboración de durmientes. Dentro de los factores más comunes que limitan el uso de este tipo de madera como elementos estructurales esta la falta de conocimiento por parte del consumidor sobre el contenido de humedad de la madera y los procesos adecuados para preservación de esta cuando es utilizada al interior u exterior de las estructuras.

“La madera cuenta con defectos naturales es decir que vienen añadidos a ella, por esta razón a la hora de tenerla en cuenta para una obra de ingeniería se debe tener claro que la madera no es un material manufacturado como el concreto y el acero, por el contrario es orgánica renovable, que crece y se desarrolla bajo una serie de cambios e imprevistos naturales que pueden generar en ella algunos defectos”¹². Entre los defectos más usuales de la madera aserrada están los siguientes:

- **Médula incluida.** Este defecto se genera cuando una parte del tronco queda dentro de la zona del corte longitudinal, y se considera que es un defecto ya que esta zona se vuelve frágil y fácilmente degradable.
- **Bandas anchas de parénquima.** Son las zonas en las cuales se depositan células de parénquima y se vuelven un defecto ya que cuando la madera cuenta con un alto contenido de humedad pueden volverse vulnerables a los ataques de hongos e insectos.
- **Grano, hilo o fibra.** La orientación de las fibras de la madera es una característica que comúnmente recibe el nombre de hilo o grano. Esta disposición se debe a la propia distribución de las fibras durante el crecimiento del árbol o a la forma en que las trozas han sido aserradas para la obtención de los diversos productos de madera. En el árbol, las especies presentan distintas configuraciones del grano que, al obtener la pieza aserrada, se manifiestan como: grano recto, inclinado y entrecruzado. Las dos últimas se consideran defectos.
- **Nudos.** Los nudos son las partes de las ramas que quedan atrapadas en el revestimiento del tronco, en el proceso de crecimiento del árbol.

¹² CHAN MARTÍN, Mario H.; ARAUJO MOLINA, Omar y AZUETA GARCÍA, Manuel. Los defectos naturales en la madera aserrada Ingeniería [en línea]. México: Universidad Autónoma de Yucatan [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760104>> .

Cuando una pieza de madera aserrada presenta defectos, sobre todo los de crecimiento o naturales, es difícil eliminarlos. Existen varios métodos que permiten limitar la influencia que tienen los defectos sobre la resistencia y rigidez de elementos estructurales de madera. Uno de ellos y el más usado es el de clasificación visual por defectos. El método de clasificación visual consiste en una inspección de los defectos que cada pieza presenta en todas sus superficies y se basa en el hecho, determinado experimentalmente, de que los defectos repercuten en la resistencia y la rigidez. Por lo tanto se han establecido reglas de clasificación que especifican las tolerancias para los tipos de defectos, su tamaño, cantidad y posición que deben ser comparadas por el clasificador, pieza por pieza. En su aplicación, se debe considerar una pieza aceptable si la magnitud de cada uno de los defectos no excede la tolerancia establecida en las reglas¹³.

El objetivo de este método es el poder clasificar visualmente por defectos las piezas de madera con el fin de escoger piezas con características mínimas de variabilidad en su resistencia. Ya que este parámetro es de suprema importancia a la hora de diseñar o sugerir un tipo de madera para alguna estructura que soporte una carga especial.

4.7 DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LA MADERA EN CONSTRUCCIÓN

“Del tronco de un árbol se pueden identificar varias de sus partes tales como la corteza, normalmente agrietada y compuesta por un tejido llamado corcho. Sin adentrarse demasiado se encuentra la corteza interior o líber, es impermeable y retiene la savia, está formado por un tejido vivo que distribuye los productos que son elaborados a través de la fotosíntesis”¹⁴. Luego se encuentra el cambium que se ubica entre la corteza interior y la zona maderable del árbol, ésta última se compone de tres capas: la albura, que es una banda fisiológicamente activa de color muy claro que se encarga del transporte de los materiales absorbidos para llevarlos hasta las hojas donde se realiza la fotosíntesis, el resto de la albura se acumula en una capa muerta de color oscuro que dan estabilidad a la planta; el corazón es una franja mucho más oscura debido a la constante acumulación en la albura; y la médula que se encuentra en el interior compuesta de materia muy suave, a medida que el árbol envejece este tiende a desaparecer.

Las maderas se pueden clasificar según su origen vegetal tales como: maderas duras, maderas suaves y maderas finas. Las más utilizadas en la construcción son las coníferas que se encuentran dentro de las maderas suaves.

¹³ CHAN MARTÍN, Mario H.; ARAUJO MOLINA, Omar y AZUETA GARCÍA, Manuel. Los defectos naturales en la madera aserrada Ingeniería [en línea]. México: Universidad Autónoma de Yucatan [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760104>> .

¹⁴ CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

La orientación de la fibra es un factor muy importante en cuanto a la resistencia mecánica de la madera, el eje longitudinal de estas debe ser paralelo al eje de la pieza. El tipo de corte determina la posición de los anillos de crecimiento y la madera del corazón, por lo que normalmente se hacen cortes tangenciales.

La norma bajo la cual se estableció la investigación, permite evidenciar la magnitud y efecto que tiene la madera en sus propiedades mecánicas y los criterios para agrupar piezas de madera (véase la Tabla 1). La norma también permite calificar la madera en Clase A, B y C o resistencia Alta, Media y Baja, respectivamente. En construcción solo son aceptadas las Clases A y B. Las especificaciones para la madera empleada para usos estructurales en viviendas son mucho más estrictas (véase la Tabla 2).

Tabla 1. Terminología Empleada para la Clasificación de la Madera para uso Estructural

Término	Definición
Nudos	Porción de madera dura y compacta perteneciente a las ramas que quedaron incluidas en el tronco.
Hilo	Disposición longitudinal con respecto al eje axial de los elementos constitutivos de la madera. Puede ser derecha, inclinada, en espiral o entrelazada.
Hilo inclinado	Desviación angular de los elementos constitutivos con respecto al eje longitudinal del árbol o con respecto al canto de una pieza.
Contenido de humedad	La cantidad de agua que contiene una pieza expresada como porcentaje de la masa anhidra. Madera secada al aire (<18 %), madera secada en estufa (<14 %).
Defectos	Disminución en las propiedades mecánicas, químicas o físicas que limitan el uso de la pieza de madera.
Corteza incluida	Madera de corteza externa o interna localizada en una o varias partes de la madera.
Madera de compresión	Madera de reacción que se forma en el lado inferior de los arboles de coníferas inclinados y torcidos, donde los anillos de crecimiento son mayores que en el resto del árbol. Es más dura, quebradiza y oscura.
Grietas	Separación de la madera que es resultado del secado y se manifiestan superficialmente.
Rajadura	Separación de los elementos constitutivos de la madera que afecta totalmente el grosor o ancho de una pieza y que es paralela a los cantos de la misma.
Mancha	Cambios de color de la madera que no afectan la estructura leñosa y se produce por acción de hongos.
Perforación	Presencia de galerías en la madera producida por diferentes animales.
Pudrición	Descomposición gradual de la sustancia leñosa, por la acción de hongos o insectos xilófagos.
Alabeo	Curvatura de una pieza de madera por la deformación de sus planos longitudinal (arqueamiento) o transversal (encorvadura) o de ambos (torcedura).
Acanalamiento	Curvatura de una pieza de madera por el arqueamiento de su plano transversal.
Gema	Falta de una arista en una pieza de madera
Cantos	Superficies planas menores y normales, a las caras, paralelas entre si y al eje longitudinal de una pieza.
Acebolladura	Es la desunión de dos anillos de crecimiento contiguos, asociadas con la presencia de bolsas de resina.
Área de nudos	Magnitud del área ocupada por los nudos en una sección transversal dada.
Nudos sobre canto	Son los nudos que aparecen parcial o totalmente en las zonas más cercanas a los cantos de la madera, hasta 1/8 del ancho de la cara.

Fuente. CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

Lo anterior demuestra que la madera es un elemento complejo, que merece toda clase de estudio en cuanto a las propiedades que tiene como elemento de construcción bien sea estructural o no estructural. Así mismo y como todo elemento de la naturaleza, se presentan algunas características que posee la madera que pueden interferir en la resistencia de diseño si no se le efectúa un buen tratamiento, tales como las grietas, rajaduras, perforación, pudrición, etc. Es importante tener en cuenta los conceptos claves sobre las características, el comportamiento y los inconvenientes que puede tener la madera cuando es utilizada en construcción.

Tabla 2. Defectos Máximos Permisibles en la Madera para Usos Estructurales en Vivienda

Defecto	Clase A	Clase B
Pendiente del hilo	1:10	1:8
Arqueamiento	Grosor = 38 mm < 20 mm y para grosor = 88 mm < 10 mm, para 2 metros de longitud.	
Encorvadura	Ancho = 88 mm < 10 mm y para ancho = 290 mm < 5 mm para 2 metros de longitud.	
Torcedura	1,5 mm por cada 12 mm de ancho, para 2 metros de longitud.	
Acanalamiento	1 mm por cada 50 mm de ancho.	
Grietas, rajaduras y acebolladuras	<1/2 del ancho o del grosor de la pieza	
Gema	<1/4 del grosor o del ancho	<1/3 del grosor o del ancho.
Ataque de insectos	Sin infestación.	
Agujero de larva	2 por cada 3600 mm ² de 12 mm de diámetro.	
Bolsa de resina	1/4 del área total de la sección	
Distorsión localizada de los hilos por la presencia de los nudos	1/8 del espesor del lado transversal a la pendiente del hilo cuando el nodo está localizado en el canto, en caso contrario 1/4 del espesor.	

Fuente. CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

Luego de conocer los conceptos básicos sobre las características físicas de la madera, en la Tabla 2 se presentan los valores máximos permitidos en algunos de los defectos que pueden presentarse en dicho material. Uno de los defectos es el de grietas, rajaduras y acebolladuras, en donde se permite como máximo la mitad del ancho o del grosor de la pieza. Otro de los defectos se presenta en el ataque de insectos en donde se recomienda que no exista infestación, es decir la invasión de un organismo vivo.

La autora presenta la necesidad de conocer las cuatro propiedades de la madera para construcción: resistencia a compresión paralela a las fibras, módulo de elasticidad, módulo de ruptura y resistencia a cortante (véase la Tabla 3).

Tabla 3. Condiciones para Determinar las Propiedades Mecánicas de la Madera

Propiedad	Humedad	Ancho (mm)	Grosor (mm)	Largo (mm)	Tipo de carga
Resistencia a compresión paralela a las fibras	Natural	50	50	200	Axial
Módulo de elasticidad	Natural	50	50	200	Axial
Módulo de ruptura	Natural	50	50	760	Radial
Resistencia a cortante	Natural	50	50	760	Radial

Fuente. CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

En la Tabla 3 se presentan las dimensiones de las muestras utilizadas para determinar las propiedades más relevantes de la madera para construcción, en donde para la resistencia a compresión paralela a las fibras y el módulo de elasticidad se efectuaron las pruebas con tipos de carga axial y para el módulo de ruptura y resistencia a cortante tipos de carga radial. Es importante realizar las pruebas mencionadas anteriormente, ya que indispensable conocer su comportamiento ante determinado tipo de fuerzas, con el fin de elegir la especie maderable más óptima en el diseño o en algunos casos que tratamientos deben hacerle a las muestras para lograr las condiciones necesarias de diseño.

La investigación se realizó sobre unas muestras de las distribuidoras de madera de Guanajuato, México, con el fin de saber si cumplían con las características presentadas en la Tabla 4, las cuales son: Pendiente de hilo, arqueamiento, encorvadura, acanalamiento, torcedura, grietas, rajaduras y acebolladuras, gemas y bolsas de resina y nudos. Dentro de los resultados a destacar se encuentran la no presencia de agujeros por insectos ni distorsión de los hilos por presencia de nudos en la madera, así mismo se evaluaron las propiedades en cuanto al porcentaje de absorción de agua que posee la madera.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de los tablones, en la que el resultado más importante es la caracterización de las muestras como madera de Calidad A (véase la Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de la Clasificación y Calificación

Defecto	Clase A	Clase B	Resultado
Pendiente del hilo	1:10	1:8	1:15
Arqueamiento	Grosor = 38 mm < 20 mm y para grosor = 88 mm < 10 mm, para 2 metros de longitud.		10 mm para 50 mm de grosor
Encorvadura	Ancho = 88 mm < 10 mm y para ancho = 290 mm < 5 mm para 2 metros de longitud.		8 mm para 100 mm de ancho
Torcedura	<1,5 mm por cada 12 mm de ancho, para 2 metros de longitud.		2 mm para 100 mm de ancho
Acanalamiento	<1 mm por cada 50 mm de ancho.		1 mm para 100 mm de ancho
Grietas, rajaduras y acebolladuras	<1/2 del ancho o del grosor de la pieza		1/10 del ancho
Gema	<1/4 del grosor o del ancho	<1/3 del grosor o del ancho.	1/10 del ancho y 1/8 del espesor.
Nudos (C-18-1946)	Sin nudos	Diámetro ≤ 25 mm alejados de los bordes, escasos y firmes.	Sin
Ataque de insectos	Sin infestación.		Sin
Agujero de larva	2 por cada 3600 mm ² de 12 mm de diámetro.		Sin
Bolsa de resina	1/4 del área total de la sección		Sin
Distorsión localizada de los hilos por la presencia de los nudos	1/8 del espesor del lado transversal a la pendiente del hilo cuando el nodo está localizado en el canto, en caso contrario 1/4 del espesor.		Sin

Fuente. CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

En la Tabla 4 se compara la clasificación (Clase A y Clase B) con los resultados que arrojaron las pruebas que se le efectuaron a las muestras, entre los rasgos más importantes se distinguen la no presencia de insectos, agujero de larva y bolsa de resina. Así mismo los valores de acanalamiento, torcedura y encorvadura están por encima de los estipulados en la clasificación y en el caso de las grietas, rajaduras y acebolladuras el valor de las pruebas es menor al estipulado en la clasificación.

La tabla 6 presenta las propiedades mecánicas y físicas de la madera evaluada en las que se logró determinar una serie de factores tales como: el contenido de humedad natural fue de 13.26 %, la resistencia a la compresión paralela a la fibra con un resultado medio de 29.72 MPa, un módulo de elasticidad medio de 5800.35 Mpa. El tipo de falla fue el de aplastamiento para la madera que fue evaluada, con un módulo de ruptura medio de 35.53 Mpa. Con los resultados se puede determinar el nivel del tipo de madera más pertinente en el diseño de la estructura, dependiendo de las características que esta posea.

Tabla 5. Resultados de la Resistencia a Compresión y Módulo de Elasticidad

Propiedad / Nivel	Bajo	Medio	Alto
Tipo de madera	Pino	Pino	Pino
Origen de madera	Michoacán	Michoacán	Michoacán
Humedad natural (%)	8,98	13,26	17.84
Humedad de absorción (%)	28,89	35,25	42.84
Lado 1 (mm)	50,1	50,0	50.2
Lado 2 (mm)	50,0	50,1	50.5
Área (mm ²)	250,5	250,5	253.3
Alto (mm)	200,0	201,0	200.0
Carga de ruptura (kN)	67,21	74,56	90.81
Resistencia (MPa)	26,81	29,72	35.91
Tipo de Falla	Aplastamiento	Aplastamiento	Aplastamiento
Módulo Elasticidad (MPa)	4 677,21	5 800,35	7201.81

Fuente. CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

Cabe resaltar las siguientes observaciones:

- Las partes de un árbol con las propiedades más óptimas para uso en la construcción son el corazón y la médula.
- La norma mexicana distinguió al grupo de maderas usas en la evaluación como Clase por los requisitos que cumple en cuanto a sus propiedades mecánicas.
- La madera ha sido utilizada en estructuras en las que se necesita llevar un control exhausto que garanticen la seguridad del personal que interviene en dichas estructuras.

4.8 GESTIÓN DEL RIESGO PARA INUNDACIONES Y EROSIÓN COSTERA

El siguiente artículo habla de “la importancia de la gestión de riesgos y los beneficios que trae la aplicación de sistemas para el control de los eventos naturales, sin la interrupción de los procesos naturales”¹⁵.

Con la necesidad de establecer un plan que tenga en sus políticas, un sistema eficaz, adecuado, oportuno y flexible con la inundación y riesgos costeros, se

¹⁵ THE CHARTERED INSTITUTION OF WATER AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. Policy Position Statement. Flood and Coastal Erosion Risk Management [en línea]. Londres: The Institution [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ciwem.org/media/1031547/FCERM%20PPS%20Feb%202014.pdf>>.

presentó esta Declaración política, para mostrar las soluciones que tiene como fin apoyar a las comunidades y crear un entorno de desarrollo sostenible.

Hay varios objetivos que el gobierno del Reino Unido ha estado implementando y estos son algunos de ellos:

- Mitigar el riesgo de inundaciones y mejorar la preparación que la comunidad tiene sobre los periodos de retorno de los eventos naturales, que cada vez son más fuertes.
- Simplificar los mecanismos para conseguir fondos externos que son bastante pequeños, por este motivo es necesario crear un incentivo para explotar el sector privado y su contribución.
- Garantizar el desarrollo de seguros para toda la comunidad que tiene un peligro potencial de los riesgos de inundación.
- Los planes deben tener la coordinación apropiada con el fin de que los recursos vayan y se utilicen para las verdaderas proyecciones.
- La gente que necesita de los recursos deben demostrar por qué los necesita.
- Crear una línea costera que funciona como una protección natural y todas las políticas y los grupos de coordinación debe darlo todo y apoyar a que esto suceda.

En Reino Unido hay muchas comunidades que viven al lado de los ríos y costas. Una gran cantidad de investigaciones han demostrado que las zonas de llanuras tienen una relación con los cuerpos de agua.

Las zonas que tienen un mayor potencial de riesgo se encuentran en las zonas donde los asentamientos humanos rompieron con algunos de los procesos naturales, hablando en términos de inundaciones.

Pero la población humana no es la única afectada, hay una infraestructura de servicios que tiene un riesgo potencial, la razón de este problema está en la planificación ya que la pre-factibilidad, porque no hay estructuras como hospitales y escuelas que se encuentran en las zonas de mayor riesgo potencial.

Varias personas piensan que todos los problemas sobre el cambio climático pueden ser eliminados con facilidad, sin embargo, el ser humano ha terminado con los recursos con la misma facilidad con la que las personas creen que podemos terminar los problemas climáticos. Todos estos problemas afectan a la economía, la sociedad, la forma en que vivimos, etc.

Los efectos de los sistemas de drenaje sostenibles tienen una propiedad especial y es que crea un drenaje natural, reducen el riesgo de inundaciones y mejora la calidad del agua.

Hay diferentes controles legislativos en el gobierno para los SUDS, al igual que en Escocia, donde hay unos requisitos generales para los nuevos desarrollos con sistemas de drenaje superficial, que tiene sentido porque es necesario crear una norma sobre los aspectos específicos, sobre el drenaje y sus características más importantes.

En los artículos presentados anteriormente se muestran algunas de las características sobresalientes de la madera como elemento estructural y a la vez estético, cabe resaltar que Chile es uno de los países en Latinoamérica que ha logrado conjugar estas dos características de una manera innovadora y de aprovechamiento de los recursos de manera sustentable, tanto así que a través de los estudios que han podido realizarle al recurso forestal, han logrado generar una serie de manuales en donde se reglamentan varios de los procesos constructivos cuando se hace uso de la madera.

Así mismo, siendo Latinoamérica uno de los sectores que más sufre los efectos del clima, es indispensable hacer uso de los recursos que la naturaleza nos provee con el fin de que el crecimiento poblacional y por ende urbanístico, se adapte a las condiciones del medio ambiente objeto de impacto por los factores que se han mencionado anteriormente y dado que existe material de información tal como el proceso de investigación y los documentos generados de dichos estudios, se puedan llegar a brindar soluciones que se adapten a las condiciones ambientales y sociales principalmente, ya que es un hecho que la vulnerabilidad que genera la falta de políticas eficientes de las entidades gubernamentales en general para Latinoamérica ha incrementado la pobreza y escasez de recursos que garanticen que la población más pobre pueda acceder a una vivienda digna.

Dado lo anterior es necesario generar una propuesta que se adapte no sólo a las condiciones ambientales y sociales, sino que genere una plataforma donde intervengan aspectos económicos y políticos, ya que es un hecho que los proyectos que benefician directamente a las poblaciones más vulnerables son establecidos por las entidades gubernamentales.

Debido a que el prototipo de vivienda debe poseer todas las características estructurales, hidrosanitarias, eléctricas, etc., que la norma exige, es indispensable conocer cuáles son las principales fallas que tiene la madera para poder llevar a cabo un diseño pertinente que se acomode a las condiciones del sitio y las características que este posea.

5. CARACTERIZACIÓN DE LA ECO REGIÓN DE LA MOJANA Y RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN CORRESPONDIENTE A DATOS ESTADÍSTICOS Y PERIODOS DE INUNDACIÓN

En este capítulo se realizará una caracterización de la ecorregión de La Mojana donde se podrán apreciar aspectos como la población, economía y recursos naturales entre otros. Los cuales son de mucha importancia para el diseño de un prototipo de vivienda que se va a realizar en el capítulo siguiente. También se realizará una recopilación de información sobre las especies maderables presentes en esta zona con el fin de poder escoger la más adecuada para realizar un diseño sostenible que cumpla con las mínimas exigencias de calidad. Por último se hará un estudio de las estadísticas pertinentes a las cotas y periodos de inundación de esta zona con el objetivo de generar proyecciones y que el diseño de la vivienda sea perdurable en un periodo de diseño establecido por la norma.

5.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ECO REGIÓN DE LA MOJANA

5.1.1 Ubicación.

La ecorregión de la Mojana se ubica en la región Caribe de Colombia y la delimitan geográficamente por el oriente; el departamento del Cauca, el río San Jorge y la ciénaga de Ayapel. Por el occidente el brazo de Loba, el río Magdalena al nororiente y la serranía de Ayapel al sur.

Dentro de la ecorregión de la Mojana se encuentran los municipios de: Nechi (Antioquia), Magangué, San Jacinto del Cauca y Achi (Bolívar); Ayapel (Córdoba) y Guaranda, Majagual, Sucre, caimito, San Marcos y San Benito (Sucre).

Este territorio es lo que se denomina la Depresión Momposina ya que esta área del territorio Colombiano recibe la escorrentía de los valles interandinos, por esta razón se comporta como un delta aluvial de tierra baja e inundable con una intensidad variable que depende de la época del año¹⁶.

5.1.2 Sistema Hídrico.

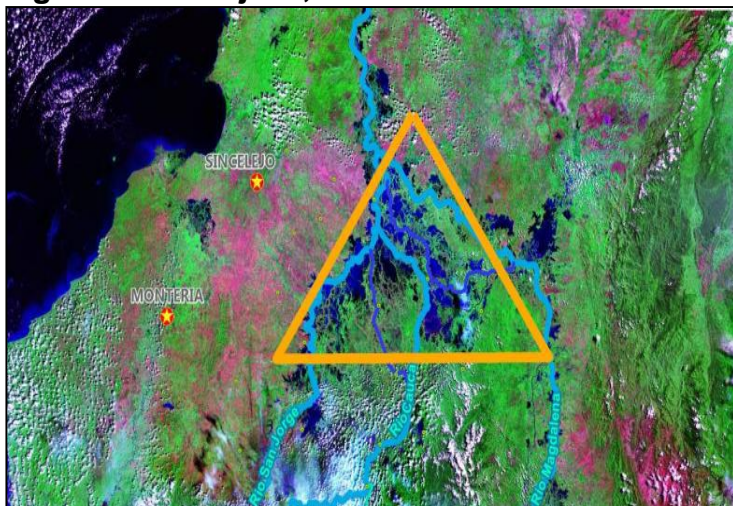
La Mojana es una ecorregión de especial importancia nacional que hace parte del complejo de humedales de la Depresión Momposina, la cual es una cuenca hidrográfica sedimentaria de 24.650 km² reguladora de los caudales de los ríos Magdalena, Cauca y San Jorge. Estos humedales cumplen la función de amortiguación de inundaciones ya que permiten distribuir las cabezas de agua originadas por lluvias en las partes altas de la región Andina, facilitando la

¹⁶ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/AD R%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>

decantación y acumulación de sedimentos, funciones de control indispensables para la costa Caribe.

La ecorregión está siendo afectada por desequilibrios ambientales generados por el inadecuado uso, ocupación del territorio y por el inapropiado manejo de las cuencas de los ríos que confluyen en el delta hídrico. Estas dinámicas ambientales, hidrológicas y sociales, en conjunto, están colocando en peligro la sostenibilidad de los valiosos ecosistemas naturales que la caracterizan y limitando el desarrollo socioeconómico de la población allí asentada¹⁷ (véase la Figura 1).

Figura 1. La Mojana, Delta Hídrico



Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

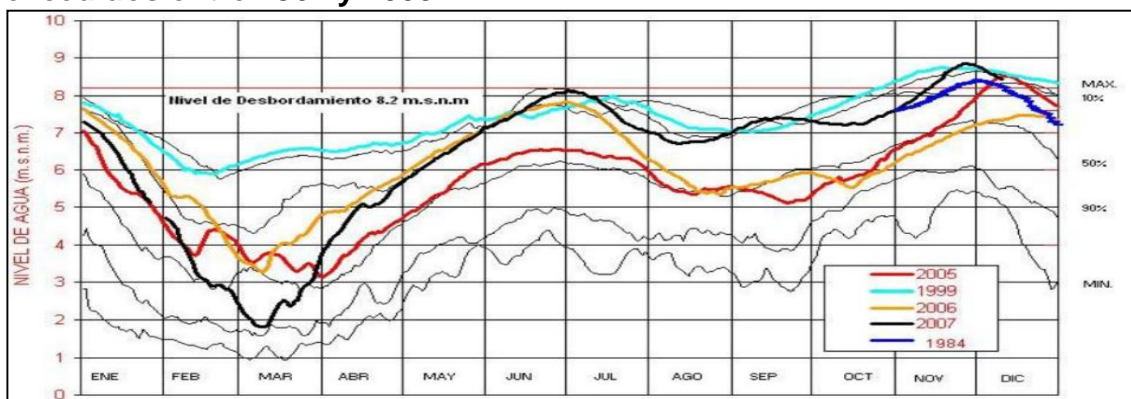
Las tierras aledañas a los ríos forman, en conjunto con estos, lo que se denomina una planicie inundable. Se trata de una unidad que comprende un hábitat lotico (el canal principal), los sistemas lenticos permanentes (ciénagas) y la zona de transición acuático – terrestre. Son áreas periódicamente inundadas por el flujo lateral de ríos o lagos. Las características físicas, químicas y fisicoquímicas de este medio, inducen adaptaciones morfológicas, anatómicas, fisiológicas, fenológicas y/o etológicas y consolida comunidades características con alto valor en términos de biodiversidad y de servicios ecosistémicos como la pesca, la caza, la agricultura de sereno...etc. De hecho, el plano inundable tiene características tales que ha sido considerado como un ecosistema específico. La principal característica del plano

¹⁷ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

inundable entonces es precisamente esa variabilidad ecológica, definida todos los años en el caso de los grandes ríos, por el proceso de inundación y sequía¹⁸.

Como se muestra en la Figura 2, el proceso mencionado en el párrafo anterior, tiene un comportamiento de carácter histórico, en el que el ecosistema está basado, por ende las actividades que se han llevado a cabo sobre él y que han tratado de impedir su proceso natural lo pueden estar llevando a su devastamiento total (véase la Figura 2).

Figura 2. Pulso de Inundación. Río Magdalena en la Estación Calamar. Niveles excedidos entre 1967 y 2005



Fuente. CARABALLO, Pedro y DE LA OSSA, Jaime. Inundaciones en la Mojana: ¿Vía Crisis Social O Condición Ambiental? [en línea]. Sincelejo: Revista Colombiana de Ciencia Animal [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.recia.edu.co/documentos-recia/vol3num1/opinion/REC_3-1-OPINION_MOJANA.pdf>.

El pulso de inundación entonces es, la principal fuerza responsable por la existencia, productividad e interacciones de la mayoría de la biota en sistemas de planicies inundables. Es predecible en los grandes ríos, en los que el nivel local del agua depende de las lluvias en toda la cuenca, a diferencia de los pequeños ríos o arroyos, que suben rápidamente como consecuencia de una lluvia local, pero de igual forma bajan una vez que esta pasa. En los grandes ríos la duración e intensidad del pulso son variables, por lo que podemos pasar por años muy secos y años “metidos en agua” como se le llama en la Mojana a los años muy lluviosos¹⁹.

¹⁸ CARABALLO, Pedro y DE LA OSSA, Jaime. Inundaciones en la Mojana: ¿Vía Crisis Social O Condición Ambiental? [en línea]. Sincelejo: Revista Colombiana de Ciencia Animal [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.recia.edu.co/documentos-recia/vol3num1/opinion/REC_3-1-OPINION_MOJANA.pdf>.

¹⁹ CARABALLO, Pedro y DE LA OSSA, Jaime. Inundaciones en la Mojana: ¿Vía Crisis Social O Condición Ambiental? [en línea]. Sincelejo: Revista Colombiana de Ciencia Animal [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.recia.edu.co/documentos-recia/vol3num1/opinion/REC_3-1-OPINION_MOJANA.pdf>.

5.1.3 Población. “El total de número de habitantes de los once municipios que conforman la ecorregión de la Mojana es de 436.210 aproximadamente según los datos del DANE, de los cuales el aproximadamente el 18% se ubican en la zona rural. La mayoría de la población se ubica en las cabeceras municipales que están dentro de la Mojana. Del total de población de estos once municipios el 52.1% son hombres y el 47.9% son mujeres aproximadamente”²⁰.

En el Cuadro 2 se presentan las características generales de los municipios pertenecientes al núcleo de La Mojana y se observan parámetros que sirven de referencia para entender las dinámicas de desarrollo analizadas en la dimensiones; como población, área total, áreas inundadas, indicadores sociales e institucionales (véase el Cuadro 2).

Cuadro 2. Características Generales de los Municipios del Núcleo de La Mojana

Departamento	Municipio	Territorio		Población				Indicadores sociales		Indicadores institucionales	
		Área total Km ² (IGAC, 2005)	Áreas inundadas 2010-2011 (km ²)	Total habitantes (DANE, 2005)	Total proyección (DANE, 2011)	Cabecera proyección (DANE, 2011)	Resto (proyección DANE, 2011)	NBI 2005 (DANE)	% Incidencia IPM (DNP, 2011)	Índice de desempeño fiscal 2010 (DNP, 2011)	Índice de desempeño Integral 2010 (DNP, 2011)
Antioquia	Nechí	925	279,33	23.480	24.085	12.624	11.461	68,13	86,10	67,51	60,9
Bolívar	Achí	1.025	166,81	21.211	21.563	3.774	17.789	80,74	92,56	63,65	17,7
Bolívar	Magangué	1.102	161,23	122.913	123.124	84.060	39.064	54,39	72,98	79,7	49,4
Bolívar	San Jacinto del Cauca	428	112,37	12.075	12.331	3.302	9.029	90,43	91,44	58,51	45,4
Córdoba	Ayapel	1.929	475,74	46.525	47.408	24.070	23.338	61,55	88,14	65,65	46,1
Sucre	Caimito	436	69,92	11.537	11.643	3.187	8.456	68,06	87,71	59,48	38,8
Sucre	Guaranda	354	47,65	16.396	16.587	6.209	10.378	76,94	91,86	62,52	71,3
Sucre	Majagual	959	120,84	32.392	32.561	10.253	22.308	73,96	90,82	59,27	58,9
Sucre	San Benito Abad	1.592	177,47	24.134	24.387	5.370	19.017	67,06	90,95	47,16	43,0
Sucre	San Marcos	1.012	214,67	53.720	54.364	31.932	22.432	58,12	86,31	66,79	43,0
Sucre	Sucre	1.130	208,17	22.369	22.364	7.070	15.294	80,30	91,15	55,7	48,7
Total núcleo Mojana		10.892	2034,22	386.752	390.417	191.851	198.566	64,4	83,8	62,35	47,6
Departamento Antioquia		63.612		5.682.310	6.143.709	4.761.383	1.382.326	23,02	44,77	78,71	71,5
Departamento Bolívar		25.978		1.879.480	2.002.391	1.533.533	468.858	46,60	63,42	76,38	54,8
Departamento Córdoba		25.020		1.467.906	1.607.463	839.486	767.977	59,08	79,64	73,6	55,5
Departamento Sucre		10.350		772.042	818.663	538.475	280.188	54,86	73,19	77,03	65,5
Nacional		1.140.203		42.888.592	46.044.601	34.883.399	11.161.202	27,78	49,6		71,1

Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

²⁰ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

De la tabla anterior se pudo concluir que el indicador NBI que hace referencia a las necesidades básicas insatisfechas de alguna población para este caso específico de la Mojana en promedio es de 72.48% y este es mucho mayor que el promedio nacional, lo cual da a entender que es una población pobre y con bajas posibilidades de acceder a servicios públicos, sin una vivienda digna y sin una educación de calidad.

Por otro lado también se pudo observar en la tabla 2 que el ICV que es el indicador de calidad de vida de una población para la ecorregión de la Mojana es en promedio del 45% y este es inferior al promedio nacional lo cual ratifica el bajo nivel de calidad de vida de los pobladores de esta región, aunque también se destacan las excepciones como el municipio de Magangue y Ayapel donde se encuentran ICV mayores a al 55% en promedio.

5.1.4 Telecomunicaciones. “En la ecorregión de la Mojana el servicio de comunicación telefónica es prestado por la empresa Telecom, este servicio es deficiente en las zonas de las cabeceras municipales y este es aún más deficiente en las zonas rurales. La señal de televisión es buena y se genera por el uso de antenas y televisión por cable. Por último el servicio de correo postal es prestado por la empresa estatal Adpostal y circulan los periódicos regionales y nacionales con alguna regularidad en especial en las áreas urbanas”²¹.

5.1.5 Infraestructura. “La Mojana no cuenta con hospitales de gran capacidad, colegios de gran infraestructura, plazas de mercado excepto en Magangue y en San marcos. Todas las poblaciones cuentan con cementerios”²².

5.1.6 Vivienda. “La vivienda tipo se mantiene aún en la zona a pesar de la incursión de nuevas formas y materiales de construcción; la casa grande de techos de paja, paredes de bahareque o embutido, pisos en tierra pulidos, cocinas en tierra, con aljibes o pozos artesianos algunas veces muy cercanos a pozos sépticos, se observa todavía”²³.

²¹ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>

²² DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>

²³ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>

5.1.7 Acueducto y Alcantarillado. La Mojana en general no cuenta con un sistema de alcantarillado, tampoco una cultura de preservación del ambiente, lo que impulsa unas condiciones lamentables en materia de saneamiento, donde los cuerpos de agua son los paraderos principales de los residuos. Sólo en Magangué, San Marcos y San Benito se cuenta con un sistema de recolección de residuos sólidos, sin embargo no hay un control de los residuos patógenos. Entre otras cosas el nivel freático impide establecer un relleno sanitario y si quisiese hacerse debería ceñirse a unas condiciones de ubicación y operación.

La cobertura de alcantarillado no supera el 40% y en la mayoría de zonas se dispone de uno pero de carácter privado o comunitario. Lo que alcanza a recoger de aguas servidas para la cobertura ya mencionada, va directamente a los cuerpos de agua de la zona. Esto influye en los habitantes a quienes no les llega un servicio de acueducto, ya que el consumo se hace directamente de los cuerpos de agua, la cual no está en condiciones para el consumo humano, luego de todo lo que se ha vertido. Las poblaciones urbanas poseen entre un 80% y un 90% de cobertura en materia de acueducto y las poblaciones rurales entre un 40% y 60%, adicional a esto, los acueductos no cuentan con un sistema de tratamiento de aguas óptimo, actualmente la metodología que se emplea para tratar el agua es muy precaria, lo que no garantiza la potabilización del líquido²⁴.

5.1.8 Agentes Contaminantes en Cuerpos de Agua en la Región de la Mojana.

El documento sobre el Programa de Desarrollo Sostenible de La Mojana evidencia que “uno de los ríos más contaminados por mercurio es el Río San Jorge, con concentraciones de hasta 1.4µg Hg/g sedimento, este dato fue extraído de un estudio realizado por la Universidad de los Andes, Corpoica y el ICA en el año de 1996, en donde se muestrearon 29 sitios en la región de la Mojana, sin embargo los resultados fueron muy difíciles de analizar por su variabilidad en cada uno de los puntos”²⁵.

Lo anterior indica la complejidad del estado de los sedimentos y aguas contaminadas con mercurio, por lo que es necesario establecer un estudio más detallado en cuanto a la cantidad de lugares sujetos al monitoreo, la ubicación geográfica y los tiempos de medición, con el fin de que los resultados e información sean detalladas y por ende más confiables.

²⁴ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>.

²⁵ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>.

Cabe resaltar que el documento también expone una guía para la prevención y manejo en la contaminación por mercurio, en ésta guía se logró determinar que el foco de preocupación sanitaria de contaminación no se encuentra dentro de los límites de La Mojana en su gran mayoría. Lo anterior se dedujo del estudio de la zona sur del Bolívar, donde se incluyeron las explotaciones de oro de Santa Rosa del Sur y San Martín de Loba.

Para lograr entender la guía se debe caracterizar el problema en cuestión, y es que la región de La Mojana ha sido sometida a varios procesos de degradación por la acumulación y vertimiento de contaminantes provenientes de la región Andina y sus piedemontes, esta acumulación impide que el ciclo natural de autorregulación de los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena en la depresión Momposina se vea reducido, lo que tiene incidencias en materia ambiental de magnitud importante. La siguiente Tabla presenta la caracterización del grado de contaminación de los recursos naturales en La Mojana.

Cuadro 3. Caracterización del grado de contaminación de los recursos naturales en La Mojana

<i>Muestra</i>	<i>Región</i>		<i>Concentración</i>		<i>Estándar</i>	<i>Fuente</i>
Aguas	Ciénaga la Raya - Caribona Media	(1)	7,30	Ppb	2 ppb	D.1594
Plantas (buchón)	Ciénaga la Raya - Caribona Media	(1)	555,22	Ppb	30 ppb/kg	EPA
Peces	Aguas debajo de Nechí - Media	(1)	458,50	Ppb	500 ppb/kg	EPA
Cabello humano	Pescadores Barranco de Loba	(2)	5,32	μ gHg/g	1.8 μ gHg/g	EPA
Sedimentos	La Raya - Caribona – Media	(1)	804,98	Ppb	17 ppm	EPA

Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>.

Como lo presenta la tabla anterior los niveles de mercurio son excesivamente altos superando los límites estándar en porcentajes bastante altos, ejemplo de ello en las muestras de agua en donde la concentración superaba en un 350%, aproximadamente, a la concentración estándar, así mismo en las muestras de sedimentos se evidencia que la concentración de mercurio encontrada fue de 804,98 partes por billón mientras que la estándar es de 17 partes por millón, esta muestra es la que representa uno de los resultados para impactantes y aunque el mercurio podía proceder de La Mojana, sin embargo el documento indica que los principales contaminantes por mercurio no se hallaban en esta zona, sino aguas arriba en donde existían explotaciones de oro, por ejemplo, el río San Jorge recibe aportes mineros de los ríos Sucio, San Pedro y Uré, el río Cauca recibe aportes

mineros (metales pesados y cianuro) en ríos que vienen de la Serranía del Ayapel, del nordeste de Antioquia y del Sur del Bolívar, entre otros. El río Magdalena también recibe aportes de minería aurífera de los departamentos del Huila, Tolima, Caldas, Antioquia, Santander y Bolívar.

Los aportes mineros se dan a través de prácticas que necesitan de técnicas y tecnologías no aptas para los ecosistemas donde se llevan a cabo las explotaciones de los metales preciosos y que también generan impactos sobre lugares alejados. Pero no sólo este factor influye en los pasivos ambientales, también emergen temas como la falta de presencia estatal para ejercer control, sobre todo en la minería ilegal, esto va de la mano con la poca inversión por mejorar las condiciones de la minería y el uso óptimo de las técnicas y tecnologías, adicional a esto, la minería no sólo trae consigo la contaminación por mercurio, también la hay por cianuro, los problemas de deforestación, erosión, en general fenómenos de remoción en masa y contaminación de toda clase de cuerpo de agua. Todos estos problemas se presentan con más fuerza en las áreas directamente explotadas que van hasta la ciénaga, afectando todo su sistema de inundación, acumulando mercurio en peces y ganado y por ende aumentando los problemas en materia de mercado de productos y la salud de quienes los consumen.

El aporte de sedimentos y la introducción de metales pesados al sistema cenagoso, sobre todo mercurio, son los principales impactos negativos derivados de la explotación de metales preciosos en la zona norte y que causan efectos negativos en la región.

En La Mojana es insignificante la actividad minera; sin embargo, sus ecosistemas están amenazados por el mercurio y otros metales pesados, lo cual representa un alto riesgo debido a su capacidad de bioacumulación y biomagnificación a través de la cadena trófica²⁶.

5.2 SISTEMAS PARA EL MANEJO, RECUPERACIÓN Y APROVECHAMIENTO SOSTENIBLE DEL RECURSO FORESTAL

El documento Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana, pretende generar una serie de sistemas para el manejo, recuperación y aprovechamiento sostenible del recurso forestal, en el que se tienen en cuenta las visiones estratégicas que se deben implementar en cuanto al conocimiento de las propiedades que posee el recurso forestal presente en La Mojana y que se pueden potencializar en el futuro.

²⁶ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/AD R%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>.

En el documento los programas propuestos “están orientados a la conservación, el fomento del recurso forestal y la mitigación de los impactos ambientales y socioeconómicos de la región de La Mojana, en estos se involucran casi 15000 hectáreas de flora, teniendo como uno de los principales objetivos: mejorar la calidad de los suelos profundizando en la educación ambiental con el fin de fomentar el compromiso de los habitantes de la zona en la directa participación que tienen sobre los proyectos”²⁷.

Dentro de la metodología que debe ser utilizada para poder llevar a cabo los proyectos y programas planteados en el documento está la realización de talleres sobre la cantidad y calidad de información que posee la población para determinar los problemas sociales y económicos más importantes, posteriormente se seleccionan las áreas y especies para la reforestación, caracterización del recurso bosque, formulación del Programa forestal. Finalmente el documento presenta una revisión general del mercado para la comercialización de los productos forestales, del cual determinó que el potencial de oferta y demanda se daría a nivel regional.

El documento también presenta las especies maderables más representativas de la ecorregión de La Mojana, dado que tienen una gran adaptabilidad a las condiciones que dicha ecorregión posee. Las siguientes son las especies que se encuentran en la ecorregión:

- Acacia
- Campano
- Caracolí
- Borombolo
- Acbote
- Guayacán
- Yarumo
- Cedro
- Ceiba Blanca
- Caimito
- Solera
- Carbonero
- Palma Africana
- Guacamayo
- Cantagallo o Cambulo
- Pomarrosa del Brasil
- Matapalo o Suan
- Guasimo

²⁷ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/AD R%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>.

- Guamo
- Pavito
- Hoya de Mono o Salero
- Tuno
- Arrayán
- Laurel
- Pringamosa
- Balso
- Payandé o Chimimango
- Pintamono
- Guacharaco o Paralejo
- Sauce Llorón
- Hobo
- Ciruelo
- Roble Rosado
- Teca
- Zapatero

Dentro del Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana existe un proyecto de Desarrollo de cadenas forestal productivas, el cual incluye las zonificaciones de áreas para plantaciones forestales, la ampliación de la oferta forestal productiva, el manejo y aprovechamiento sostenible del bosque natural y la conformación y modernización de empresas u microempresas forestales y de exportación en este campo.

Adicional a lo anterior, las propuestas de la comunidad también valoraron a través de la realización de talleres, visitas de campo y entrevistas que arrojaron resultados de los principales problemas, necesidades, oportunidades y amenazas en tres componentes: Ambiental, socioeconómico y tecnológico.

Entre los potenciales internos o fortalezas más importantes para el componente ambiental está la importancia de la oferta hídrica, los suelos aptos para las actividades agropecuarias y forestales y las zonas de regulación de caudales y la heterogeneidad de los subsistemas, así mismo en el componente socioeconómico la presencia de zonas de conservación y la baja densidad de población de la mano con la oferta de mano de obra disponible y para el componente tecnológico la vocación agropecuaria, silvícola y zootecnia comercial de la región fortalecida con la información y conocimientos que posee la población al respecto.

Dentro del componente ambiental el aporte de elementos nutricionales al suelo y entrada de aves y el mercadeo de los productos naturales y forestales están dentro de las oportunidades que tienen los proyectos. La exportación de especies nativas, la demanda de biodiversidad y ecosistemas y muy importante la voluntad política para el desarrollo de la región, así mismo el aspecto tecnológico juega un importante

papel con la disponibilidad de universidades con el fin de afianzar las alternativas agropecuarias.

Las debilidades más sobresalientes para el componente ambiental están en el deterioro de los recursos naturales debida a la extracción inadecuada y excesiva, también se debe tener en cuenta la fragilidad de algunos ecosistemas, contaminación de procedencia interna por agroquímicos y externa por minería. Para el componente socioeconómico se resaltan inconvenientes en materia de orden público y el analfabetismo, así mismo la falta de desarrollo en materia de salud, transporte, infraestructura social, participación comunitaria, etc. Adicional a lo anterior, el componente tecnológico se ve afectado por todas las falencias en materias de servicios que conllevan a problemas tales como la ausencia de redes de apoyo a la producción y las deficiencias en el transporte y los conflictos de usos de suelos.

Cabe resaltar que las amenazas están presentes en el estudio en aspectos como la introducción de especies exóticas de flora y fauna junto con agentes contaminantes, la inseguridad de las inversiones por la inundaciones que se presentan periódicamente, falta de políticas e inversión pública que generan desórdenes y diferencias entre la población y el estado, la falta de mediciones claras sobre el comportamiento de todos los factores que influyen en la zona y la falta del seguro agrícola permanente.

Dada la información antes presentada y por la importancia del impacto ambiental que se podría generar al implementar un proyecto de la magnitud como el que se diseñará más adelante de este documento, se realizó una caracterización de la zona para conocer las especies que hay en esta, saber si están dentro del plan de reforestación y si se podría utilizar en una evidente ejecución del proyecto.

A continuación se presenta una tabla resumen con las especies más destacadas en la zona con sus características ambientales y sus ventajas y desventajas a la hora de escogerlas para un diseño estructural (véase el Cuadro 4).

Cuadro 4. Especies Maderables Encontradas en la Ecorregión de la Mojana

ESPECIES MADERABLES ENCONTRADAS EN LA ECORREGIÓN DE LA MOJANA		
NOMBRE DE LA ESPECIE	COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL	USOS
ACACIA	Buena resistencia para soportar esfuerzos perpendiculares a sus eje, pero tiene muy baja resistencia para soportar compresiones paralelas.	Ya que esta especie tiene una gran resistencia para soportar esfuerzos perpendiculares a su eje se puede utilizar estructuralmente como vigas, viguetas y riostras.
GUAYACAN	Tiene un buen límite de resistencia a los esfuerzos de tensión y compresión.	Esta especie tiene una alta resistencia a esfuerzos de compresión por lo tanto se podría utilizar como columnas en estructuras y la NSR-10 la evalúa.
YARUMMO	Es una especie muy ornamental no se utiliza estructuralmente.	Con los troncos huecos, rajados a lo largo, se fabrican canales para la conducción de aguas.
CEDRO	Esta especie estructuralmente es de resistencia media (COPANT 745) por 10 tanto puede ser utilizada en elementos estructurales que no tengan que soportar cargas muy pesadas. Y se caracteriza por sus excelentes acabados.	La madera es considerada duradera, fuerte, liviana y fácil de trabajar. Además ofrece un bonito acabado y se puede utilizar como puertas, ventanas, enchapados y ebanistería general. Y estructuralmente en elementos que no soporten cargas muy grandes como placas entre pisos.
CEIBA	Las propiedades mecánicas son bajas.	Se puede utilizar en elementos que no soporten esfuerzos como ebanistería y enchapados.
ROBLE	Esta especie presente una alta resistencia para soportar todo tipo de esfuerzos.	Se puede utilizar en la construcción de viviendas en general, trabajando como cualquier elemento estructural.
ARRAYAN	Presenta una baja resistencia para soportar esfuerzos.	Para la construcción de muros, base de cubiertas de techos, revestimientos de tabiques estructurales, pisos, escalas, pisos falsos.
TECA	Esta especie presenta una gran resistencia y se comporta muy bien en construcciones marinas.	La Teca es particularmente recomendable para la construcción de viviendas, caneyes, churuatas, cobertizos, pérgolas, etc. donde puede ser utilizada como madera rolliza para las columnas, vigas y viguetas. Igualmente es excelente como madera aserrada para la fabricación de puertas, portones, ventanas, pisos, cielos rasos, machihembrado, etc.)

Fuente. Los Autores.

5.3 DATOS ESTADÍSTICOS Y PERIODOS DE INUNDACIÓN

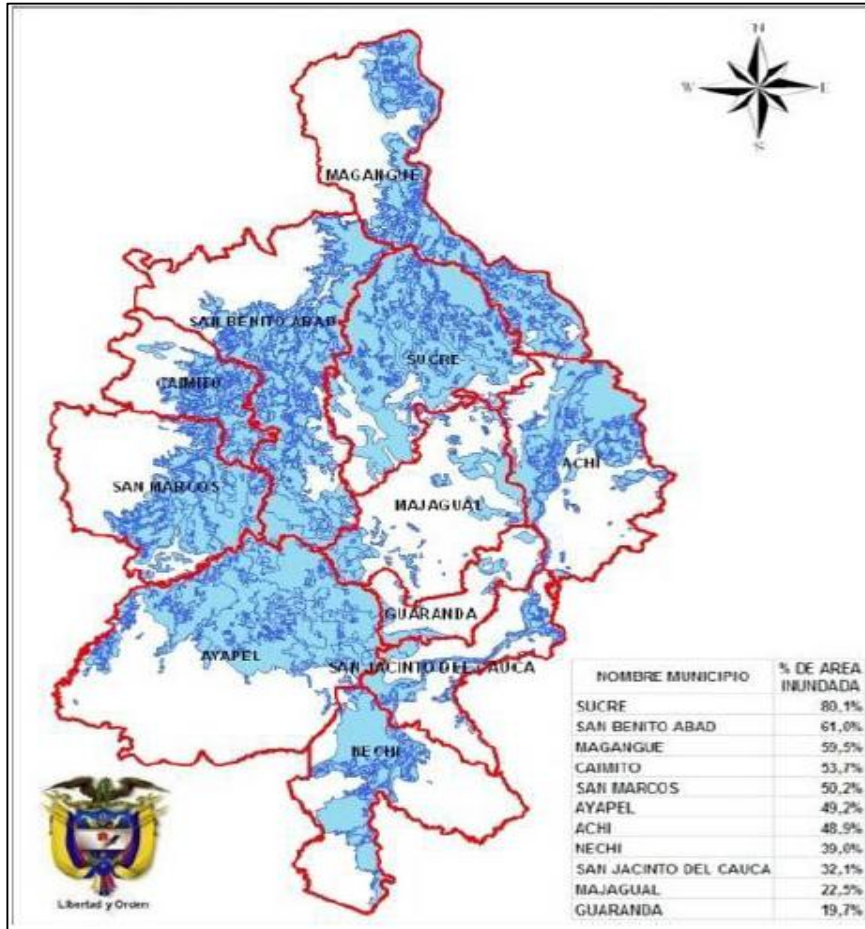
La ecorregión de la Mojana se caracteriza por su largos periodos de lluvias y de sequía ya que durante el año se presenta un periodo de lluvia extremo que dura entre 5 y 6 meses y uno de sequía extrema que está en el mismo rango de tiempo. El periodo de inundación es más extenso ya que durante el periodo de lluvia la ecorregión se inunda, cuando empieza el periodo de sequía se demora entre 1 y 2 meses para que el nivel del agua baje hasta llegar a su nivel normal.

El periodo de lluvias más largo e intenso de los últimos 50 años se presentó en los años 2010-2011 donde se inundó una área aproximadamente de 204.421 hectáreas, con una superficie cubierta de 546.049 y esto corresponde al 50.4 % de la ecorregión de la Mojana como se puede observar en el siguiente cuadro de los municipios que se vieron afectados en la ola invernal de los años 2010-2011.

Los municipios que tuvieron el mayor porcentaje de área cubierta por la inundación fueron: “Caimito, Magangué, San Benito Abad y Sucre. Si se compara este dato con la inundación del año 2005, se observa que los municipios que han sido afectados notablemente en ambas olas invernales son: Caimito, San Benito Abad y Sucre. Este fenómeno sucede porque estos municipios se encuentran ubicados en la zona inundable. En el caso de Guaranda el porcentaje de área cubierta no es tan alto para los años 2010-2011 con un 19,7%, al igual que Majagual con un 22,5%”²⁸ (véase la Figura 3).

²⁸ DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

Figura 3. Inundaciones en la Región de La Mojana



Fuente. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

En el mapa anterior se puede observar el área inundada de la ecorregión de la Mojana durante el periodo de lluvias de los años 2010-2011, se puede observar que Sucre fue el municipio que más sufrió la ola invernal ya que alrededor del 80% del área se encontraba inundada, en otros municipios como San Benito Abad, Magangué, Caimito, San Marcos, Ayapel y Achí el porcentaje de área inundada estuvo en el orden del 50 al 60%. Las inundaciones para cada municipio variaron considerablemente, ya que en unos sectores se presentaron porcentajes de área inundada mucho más altos que en otros, este ocurre ya que en municipios como Majagual, Guaranda y San Jacinto existen infraestructura que precisamente ha contrarrestado tanto los niveles de inundación como las áreas que normalmente se inundaban.

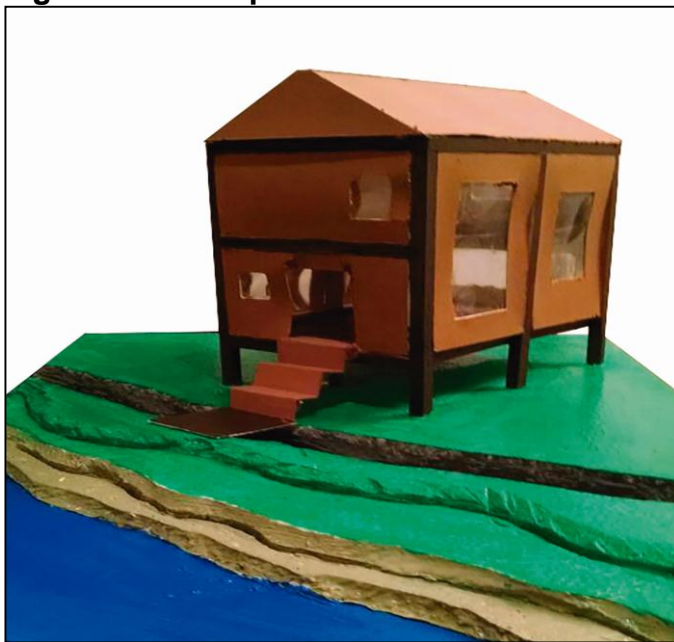
6. DISEÑO DEL PROTOTIPO DE VIVIENDA SOSTENIBLE

En este capítulo se realizó el diseño del prototipo de vivienda sostenible en madera que se adaptara a las características mencionadas en los capítulos anteriores, con el fin de generar una propuesta que dé solución a los problemas de inundación y de vivienda digna que se presentan en la zona.

6.1 DISEÑO DE LA VIVIENDA

Se realizó el diseño de una vivienda unifamiliar de dos pisos que consta de dos baños, una cocina, dos habitaciones, sala, comedor y un cuarto de ropas. La vivienda estará elevada del nivel cero a través de columnas en madera, con el objetivo de prevenir que la casa se inunde y que en época de sequía se pueda cultivar y tener corrales con animales como gallinas y cerdos. La vivienda contará con un canal que recogerá el caudal de inundación y lo conducirá aguas abajo del río. Así mismo se contará con un sistema de recolección de aguas lluvias, que estará ubicado debajo de la vivienda con el propósito de reutilizar el agua en la misma vivienda en épocas de sequía. Para los periodos de sequía el canal se podrá utilizar para sembrar con el fin de aprovechar la materia orgánica que queda después de los periodos de inundación.

Figura 4. Prototipo de Vivienda Sostenible en Madera



Fuente. Los Autores.

6.2 ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

6.2.1 Materiales. Luego de estudiar las especies seleccionadas revisando las características mecánicas respecto a su resistencia a esfuerzos de compresión y tensión, respecto al impacto ambiental que podría o no generar la utilización de ellas y por ultimo respecto a los usos en la construcción se escogieron 6 especies definitivas para el diseño y sus respectivos usos en este.

A continuación se presenta una tabla con las 6 especies seleccionadas para el diseño definitivo del prototipo de vivienda y los usos que tendrá cada una teniendo en cuenta sus mejores cualidades desde la parte estructural.

Cuadro 5. Especies Definitivas para el Diseño de la Vivienda Prototipo.

ESPECIES DEFINITIVAS PARA EL DISEÑO	
ESPECIE	USO
TECA	Por su alta resistencia a esfuerzos de compresión se utilizara para la realización de columnas.
ACACIA	Ya que esta especie tiene una gran resistencia para soportar esfuerzos perpendiculares a a su eje se utilizara estructuralmente como vigas, viguetas y riostras.
ROBLE	Debido a su resistencia y su bonito acabado se utilizara para la construcción de muros y entre pisos.
ARRAYAN	Esta especie se utilizara para la construcción de la cubierta.
CEDRO	Esta especie se considera duradera, fuerte, liviana y fácil de trabajar. Además ofrece un bonito acabado y se utilizara como puertas ventanas y enchapados.
YARUMO	Con los troncos huecos, rajados a lo largo, se construirá todo el sistema de conducción de aguas.

Fuente. Los Autores.

A continuación se mostrara una imagen en la cual se puede observar la estructura del diseño del prototipo y la especie de madera que se utilizara para cada elemento estructural.

Figura 5. Distribución de las Especies Maderables para los Elementos de la Vivienda Prototipo



Fuente. Los Autores.

La especie Teca fue seleccionada para el montaje de las columnas ya que posee una gran resistencia a los esfuerzos de compresión. “Para una pieza de madera de Teca con 12% de humedad el módulo de ruptura es de 85-106 N/mm². El módulo de elasticidad de 10.000 - 13.400 N/mm². El módulo de compresión paralela al grano de 47- 60 N/mm². El módulo de compresión perpendicular de 6 - 7,5 N/mm²”²⁹ y responde muy bien a agentes externos tales como agua, hongos y fuego con su debida protección. Adicional a lo anterior, la Teca ha sido acogida con más frecuencia en los últimos años en el sector de la construcción a razón de las ventajas que tiene sobre otras especies de la zona. En la próxima imagen se podrá observar un ejemplo de la especie de madera Teca.

²⁹ EL TECAL. Características Físicas [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 12 diciembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eltecal.com/Caracteristicas.html>>.

Figura 6. Detalle de Estructura a 2 Aguas con Vigas Tipo 'Cerchas' de Grandes Luces.



Fuente. MADERDESING. Catálogo de Maderas Mederdesign [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 10 noviembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.maderdesign.es/catalogo.php>>.

Una de las ventajas de esta especie es que genera un aceite lo cual la hace mas impermeable al ataque de la humedad y hongos, otra ventaja que tiene la teca es que es de rápido crecimiento teniendo en cuenta que no es nativa es una especie introducida su rendimiento es muy alto casi igual o mayor como el del eucalipto. Esto la hace una especie benigna para la posibilidad de utilización en la zona como madera forestal, madera aprovechable y madera estructural en las construcciones.

Una tercera ventaja de la especie Teca sobre otras especies para ser utilizada en la construcción como elemento estructural es que esta especie casi no genera nudos, los nudos en la madera generan problemas en la construcción ya que en el área donde hay nudos existe una alta posibilidad de que haya fractura. La teca al no generar nudos da más seguridad a la hora de realizar un diseño y da la posibilidad de utilizar toda su estructura es decir todo su fuste.

Luego de haber realizado la caracterización de las especies presentes en la zona se escogieron las que se utilizarán para el diseño definitivo y cada uso en el cual se utilizara cada especie ya que esta será que la que mejor se adecue para tal función estructural en el prototipo de vivienda.

6.2.1.1 Durabilidad de la Madera. La madera como material de construcción tiene una muy buena durabilidad sin embargo para aumentar su durabilidad hay que protegerla contra la humedad, la intemperie y el ataque de hongos y organismos que se alimentan de su celulosa. Las estructuras en madera tienen una gran durabilidad y teniendo las medidas adecuadas de protección llegan a durar casi un

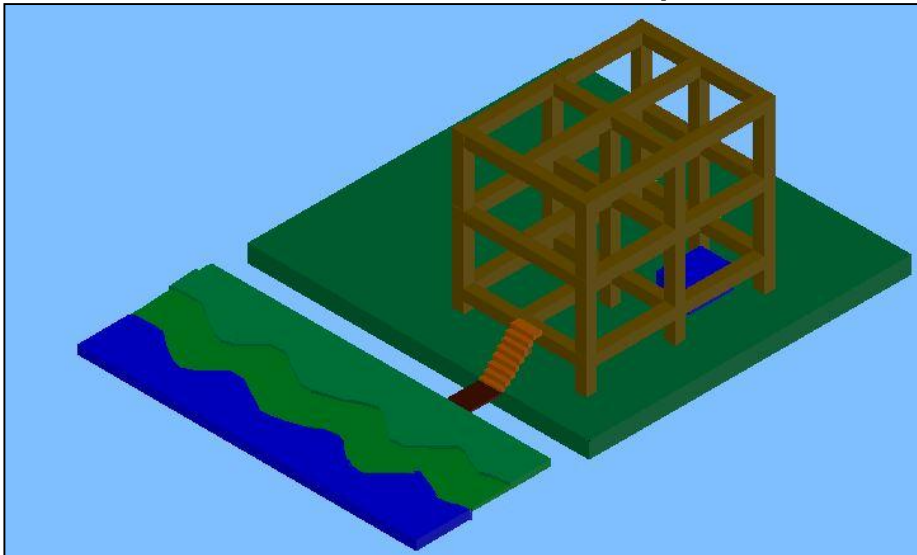
siglo lo que es bueno ya que este prototipo se diseñó con periodo de diseño de 50 años.

6.2.1.2 Protección y Mantenimiento de la Madera. El mantenimiento a la estructura en madera de la vivienda se tendrá que realizar cada 4 años y este mantenimiento consiste en la aplicación de sustancias que protejan la madera de la humedad, la intemperie y el ataque de hongos y organismos que se alimentan de su celulosa. Estas sustancias preservadoras se aplicaran y penetraran a la madera por medio de los poros de esta, de tal manera que renovaran todas sus células y garantizara la durabilidad de la madera. Se recomienda para este tratamiento utilizar las sustancias tales como; creosota, el pentaclorofenol y las sales de cobre.

6.2.2 Estructura. La estructura de la vivienda será un sistema a porticado, que está basado en columnas y vigas que soportaran muros y entre pisos.

La vivienda estará elevada del suelo a una altura de 1.5 metros con el fin de que cuando haya una inundación y sobre pase el caudal que puede manejar el canal no vaya a inundarse la vivienda y perjudicar a los habitantes de esta.

Fuente 7. Estructura a Porticada del Prototipo de Vivienda

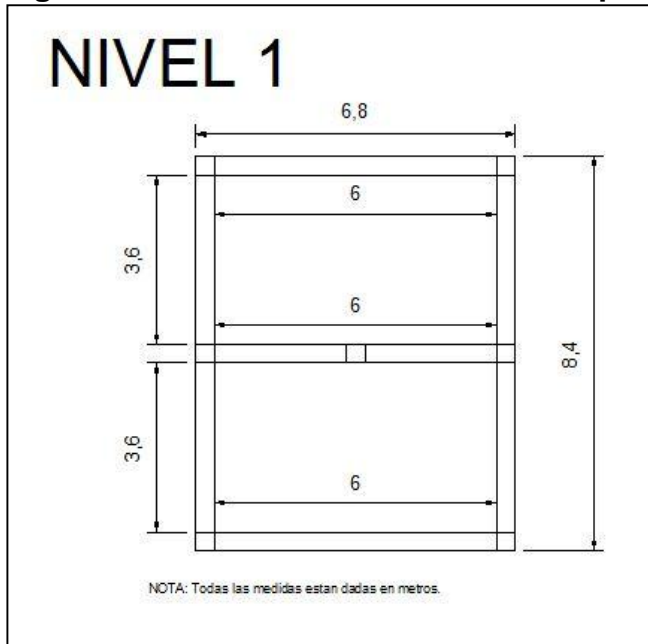


Fuente. Los Autores.

A continuación se mostraran los detalles de la distribución de la estructura, de las vigas y columnas.

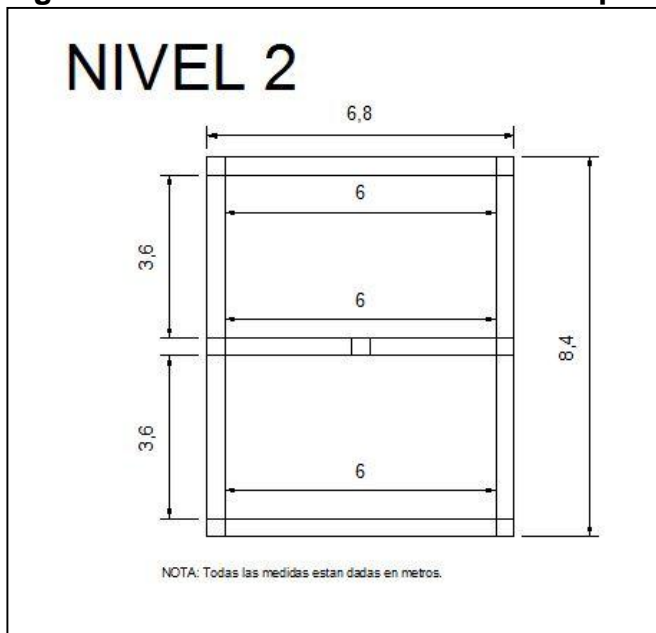
6.2.2.1 Detalles Estructurales de Planta

Figura 8. Dimensiones Vivienda Prototipo. Primer Nivel.



Fuente. Los Autores.

Figura 9. Dimensiones Vivienda Prototipo. Segundo Nivel.



Fuente. Los Autores

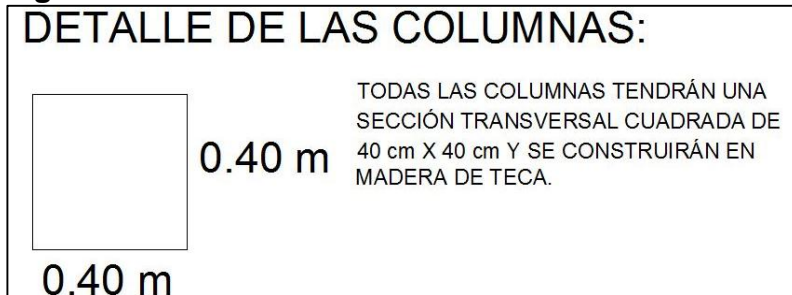
6.2.2.2 Detalles de las Secciones Transversales de Columnas y Vigas.

Figura 10. Detalle de las vigas



Fuente. Los Autores.

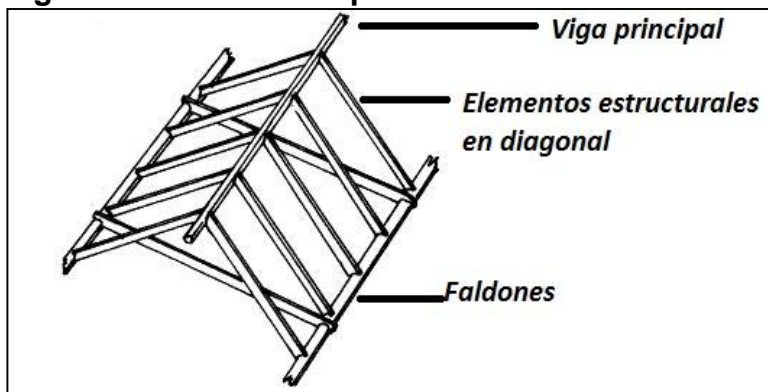
Figura 11. Detalle de las Columnas



Fuente. Los Autores.

6.2.3 Cubierta. La estructura de la cubierta del prototipo de vivienda fue diseñada como un sistema llamado “a dos Aguas”, este sistema consiste en dos faldones pares (vigas) en la parte inferior o borde y estos unidos con una viga principal en la parte superior por medio de elementos estructurales en diagonal. Esta distribución de los elementos genera una cercha como se puede observar en la siguiente imagen (véase las Figuras 12 y 13).

Figura 12. Cubierta de par Hilera o Parileras



Fuente. URBÁN BROTONS, Pascual. Apuntes de construcción II-III. II Estructuras de madera. Alicante: Club Universitario, 1996. p. 69.

Figura 13. Piso Madera Arrayán Cerezo



Fuente. BAZAR AMERICANO S.A.S. Pisos en madera Arrayán [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 4 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: www.bazaramericano.com.co>.

Todos los elementos de la cubierta tendrán una sección transversal cuadrada de 30 cm X 30 cm y serán de madera de Arrayán. En la siguiente imagen se observa la madera de Arrayán con el fin de conocerla y diferenciarla.

6.2.4 Entre Pisos y Muros. Los entre pisos y muros del prototipo de vivienda se realizarán en madera de roble ya que esta especie tiene una alta resistencia y un muy buen acabado y esto es de suprema importancia ya que los muros y entre pisos del prototipo siempre estarán a la vista. Como se observa en la siguiente imagen un ejemplo de trabajos la especie Roble y se destaca su buen acabado (véase la Figura 14).

Figura 14. Muros en Roble. Blog de Arquitectura y Diseño.



Fuente. UN FARO DE IDEAS. Muros en roble [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 4 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://unfarodeideas.blogspot.com>>

Figura 15. Detalle de Entre Pisos y Muros



Fuente. Los Autores.

El espesor de los entre pisos será de 15 cm mientras que el de los muros serán de 10 cm como se puede observar a continuación en los detalles de cada uno.

6.2.5 Sistema de Recolección de Aguas Lluvias. El prototipo de vivienda contará con un sistema de recolección de aguas lluvias con el fin de aprovechar la cantidad de agua que se presenta en los largos periodos de lluvia y que la población tenga garantizado el uso de este recurso para sus cultivos y labores domésticas en los largos periodos de sequía.

El sistema consiste en dos canaletas que están ubicadas en las partes laterales de la vivienda que se construirán en madera de Yarumo para conducir el agua que cae sobre la vivienda y así poderla llevar a los tanques de almacenamiento, como se puede observar en la siguiente imagen.

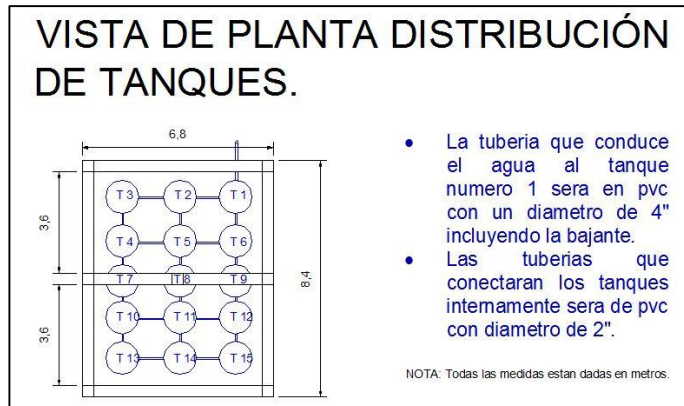
Figura 16. Conducción de Aguas Lluvias por Canaletas



Fuente. Los Autores.

El agua será almacenada por medio de tanques plásticos utilizando el sistema de “Vasos Comunicantes” que consiste en varios tanques que están comunicados en su parte inferior por una tubería en pvc de 2” de tal manera que cuando el agua está en movimiento alcanza el mismo nivel en todos los tanques de esta manera será almacenada el agua que se recolectara de la lluvia. A continuación se observa el detalle en la vista de planta del sistema de almacenamiento.

Figura 17. Vista de Planta de la Distribución de los Tanques de Almacenamiento

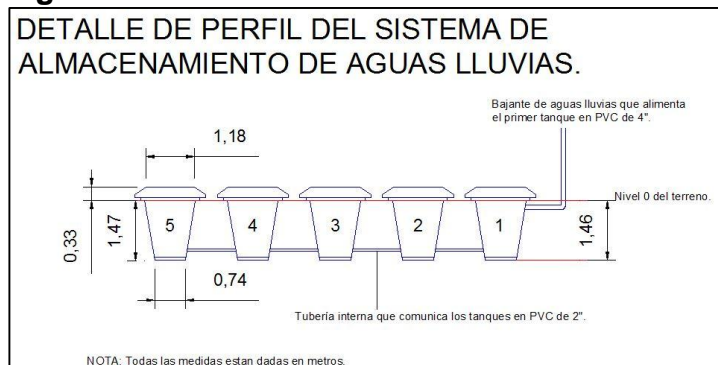


Fuente. Los Autores.

Serán 15 tanques plásticos con capacidad cada uno de 1 metro cubico para un total de almacenamiento de 15 metros cúbicos con lo cual se asegurara que la vivienda siempre tendrá agua así se encuentre en la época de sequía.

Los tanques estarán enterrados 1.47 m para no quitar espacio y se encontraran debajo de la estructura como se detalló anteriormente. Por último los tanques tendrán una altura superficial de 33 cm con el fin de facilitar su limpieza. A continuación se podrá observar el detalle de perfil del sistema de almacenamiento de aguas lluvias.

Figura 18. Detalle del Perfil del Sistema de Almacenamiento de Aguas Lluvias

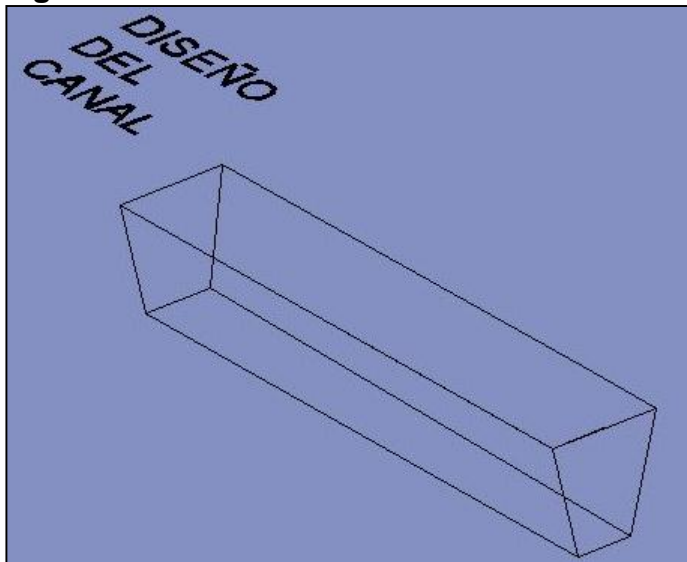


Fuente. Los Autores.

6.2.6 Diseño del Canal. El canal con el que cuenta el diseño será natural con el objetivo de reducir costos y que el nivel freático de la zona no se altere, ya que cuando el canal este lleno por las intersecciones del suelo se va filtrando el agua e inundara las zonas más alejadas del canal. Este canal tendrá una sección trapezoidal, con una base de 50 centímetros y una altura de 1.0 metro el cual tendrá la labor de canalizar el caudal de exceso que se presenta en los largos periodos de lluvia.

Las áreas donde hay inundaciones son de alto valor orgánico por lo cual el canal en los periodos de sequía servirá como un lecho fértil para sembrar cultivos que tengan cortos periodos de recolección aprovechando la materia orgánica que queda pasado los periodos de inundación. Las imágenes presentadas a continuación contienen las dimensiones y la forma del canal.

Figura 19. Isométrico del Canal.



Fuente. Los Autores.

Figura 20. Sección Transversal del Canal



Fuente. Los Autores.

6. CONCLUSIONES

- Hay déficit en el estado de las viviendas en general para la ecorregión de La Mojana, por lo que es necesario diseñar y construir un prototipo que se adapte a las condiciones que presenta la zona, en cuanto a adaptabilidad.
- En la ecorregión de la Mojana se presentan largos periodos de lluvia y de sequía donde se ve afectada la población asentada allí, además de estos problemas existe uno más importante el cual es que esta población es de escasos recursos por lo cual no cuentan en muchos casos con una infraestructura para mitigar los efectos generados por estos fenómenos. Por esta razón se hace necesario dar soluciones a esta problemática y una de ellas fue el diseño de un prototipo de vivienda que se adapte a las características de la zona y mitigue los efectos de las inundaciones y sequias en esta región.
- El diseño de un prototipo que se adapte a las condiciones de la zona de la ecorregión de la Mojana hará que el nivel de calidad de vida de las personas asentadas allí mejore, ya que una de sus necesidades básicas como la del derecho a una vivienda digna estará satisfecha.
- El periodo de lluvias más largo e intenso de los últimos 50 años se presentó en los años 2010-2011 donde se inundó una área aproximadamente de 204.421 hectáreas, con una superficie cubierta de 546.049 y esto corresponde al 50.4 % de la ecorregión de la Mojana como se puede observar en el siguiente cuadro de los municipios que se vieron afectados en la ola invernal de los años 2010-2011.
- Se recomienda tener en cuenta los niveles y temporadas de inundación más críticos a la hora de realizar un diseño y posterior construcción de una vivienda, ya que para las diferentes zonas que comprende la ecorregión de La Mojana, las cotas de inundación son diferentes.
- Luego de realizar la caracterización de la zona se decidió realizar el diseño de la vivienda en madera ya que esta región cuenta con una alta riqueza de especies maderables. Dentro de estas se caracterizan varias por sus propiedades mecánicas al resistir diversos esfuerzos y obtener excelentes resultados en los ensayos de laboratorio por lo cual se les dieron varios usos en la construcción como elementos estructurales.
- El diseño del prototipo de vivienda será un diseño sostenible y sustentable ambientalmente, debido a que las especies que se utilizaran para el diseño del prototipo son especies que se encuentran en gran cantidad en la zona, además estas especies tienen un rápido crecimiento y son apreciadas por la comunidad. Además de lo anterior estas especies son benignas desde el punto de vista ambiental, las corporaciones locales se encuentran realizando proyectos para

reforestar en la zona con dichas especies lo que garantizara a futura la permanencia en la zona de las especies seleccionadas para el diseño.

➤ Las especies seleccionadas para el diseño del prototipo de vivienda fueron; Acacia, Roble, Cedro, Yurumo, Guayacán, Ceiba y Arrayan. Ya que estas presentaron características y ventajas mecánicas respecto a su resistencia a esfuerzos de compresión y tensión, respecto al impacto ambiental que podría o no generar la utilización de ellas y por ultimo respecto a los usos en la construcción

➤ Se realizó el diseño de una vivienda unifamiliar de dos pisos que consta de dos baños, una cocina, dos habitaciones, sala, comedor y un cuarto de ropas. La vivienda estará elevada del nivel cero a través de columnas en madera, con el objetivo de prevenir que la casa se inunde y que en época de sequía se pueda cultivar y tener corrales con animales como gallinas y cerdos.

➤ La vivienda contará con un canal que recogerá el caudal de inundación y lo conducirá aguas abajo del río. Así mismo se contará con un tanque de recolección de aguas lluvias para reutilizarlas en la misma vivienda.

➤ El canal con el que cuenta el diseño será natural con el objetivo de reducir costos y que el nivel freático de la zona no se altere, ya que cuando el canal este lleno por las intersecciones del suelo se va filtrando el agua e inundara las zonas más alejadas del canal. Este canal tendrá una sección trapezoidal, con una base de 50 centímetros y una altura de 1.0 metro el cual tendrá la labor de canalizar el caudal de exceso que se presenta en los largos periodos de lluvia.

➤ Se diseñó un tanque de recolección de aguas lluvias con el fin de que sea aproveche la cantidad de agua que se presenta en los largos periodos de lluvia y que la población tenga garantizado el uso de este recurso para sus cultivos y labores domésticas en los largos periodos de sequia.

➤ Atendiendo a lo anterior el diseño de un prototipo de vivienda en madera sostenible para la región de la Mojana, cuenta con una alta viabilidad tanto desde el punto de vista de la ingeniería Civil como desde la parte ambiental.

➤ Para lograr los diseños definitivos para este prototipo de vivienda hace falta un cálculo estructural y diseño hidrosanitario de la vivienda y así se podrían obtener planos y diseños definitivos de esta para su posterior construcción.

➤ Unas temáticas de próximos proyectos de grado podrían ser; la evaluación del impacto ambiental y social que genera la construcción de este prototipo de vivienda en la zona, los planos y diseños definitivos para su construcción, la evaluación de costos para una urbanización de viviendas iguales a este prototipo y por ultimo un tema importante que se puede desarrollar como un trabajo de grado seria el diseño

del alcantarillado y manejo de la captación de aguas negras de una urbanización de viviendas de este tipo.

➤ Este tipo de trabajos de grado como el diseño de una vivienda en madera sostenible en la región de la Mojana son de mucha importancia ya que vincula a la universidad y a los estudiantes con la sociedad, para que de acuerdo a los conocimientos obtenidos durante la carrera puedan dar soluciones para mejorar la calidad de vida de las comunidades desde la ingeniería civil, y desde la perspectiva del desarrollo sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

AGENCIA FEDERAL PARA EL MANEJO DE EMERGENCIAS. ¿Qué es Mitigación? [en línea]. Washington: FEMA [citado agosto 6, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.fema.gov/es/que-es-mitigacion>>.

CARABALLO, Pedro y DE LA OSSA, Jaime. Inundaciones en la Mojana: ¿Vía Crisis Social O Condición Ambiental? [en línea]. Sincelejo: Revista Colombiana de Ciencia Animal [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.recia.edu.co/documentos-recia/vol3num1/opinion/REC_3-1-OPINION_MOJANA.pdf>.

CHAN MARTÍN, Mario H.; ARAUJO MOLINA, Omar y AZUETA GARCÍA, Manuel. Los defectos naturales en la madera aserrada Ingeniería [en línea]. México: Universidad Autónoma de Yucatan [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46760104>>.

CHÁVEZ V., Luis Elías; HERNÁNDEZ B., Claudia y RUIZ J., César Leonardo. Determinación de la calidad de la madera de construcción [en línea]. México: Universidad de Guanajuato [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=41613788001>>.

COLOMBIA. MINISTERIO DEL INTERIOR Y DE JUSTICIA. Guía Municipal para la Gestión del Riesgo [en línea]. Bogotá: SIGPAD [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.sigpad.gov.co/sigpad/archivos/GMGRColombia.pdf>>

COLOMBIA S.A. Datos Geográficos de Colombia - Hidrografía [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado agosto 6, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.colombia-sa.com/geografia/geografia2.html>>.

CONTRERAS, Wilver; OWEN, Mary; BARRIOS, Eric; Rondón, María; CLOQUELL, Vicente y GATICA, Ítalo. Conceptos propositivos de viviendas sociales en zonas de riesgo en Venezuela y Brasil, a partir de sistemas constructivos tradicionales, madera sólida y productos forestales [en línea]. Caracas: Revista Forestal Venezolana [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32528/1/nota1_wilvercontreras.pdf>.

CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA. Manual La Construcción de Viviendas en Madera [en línea]. Santiago de Chile: La Corporación [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.cttmadera.cl/wp-content/uploads/2007/03/unidad_1-madera.pdf>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. Programa de Desarrollo Sostenible para la Región de La Mojana [en línea]. Bogotá: El Departamento [citado 15 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR%20MOJANA/Otros/Programa%20de%20Desarrollo%20Sostenible%20de%20la%20Mojana.pdf>>.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. Plan Integral de Ordenamiento Ambiental y Desarrollo Territorial de la Región de la Mojana: Caracterización Territorial [en línea]. Bogotá: DNP [citado 15 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.planesmojana.com/documentos/estudios/27.plan%20integral%20de%20ordenamiento%20ambiental%20mojana.pdf>>.

EBLE, Manuela; OSPINA, Martín; SÁENZ, Luis Hernán; SORZANO, María Juliana. Proyecto de vivienda para la Mojana [en línea]. Bogotá: Universidad de los Andes [citado 25 junio, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/projects/attachments/dearq06_11_-_Eble_-_Ospina_-_Saenz_-_Sorzano.pdf>.

EL TECAL. Características Físicas [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 12 diciembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.eltecal.com/Caracteristicas.html>>.

FUNDACIÓN INNOVACIÓN BANKINTER. Información para Emprendedores ¿Qué es un prototipo? [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 17 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://emprendedores.fundacionbankinter.org/Conocimiento/Indice/Informaci%C3%B3nparaEmprendedores/Prototipo/%C2%BFQu%C3%A9esunprototipo.aspx>>

GIRALDO María; RESTREPO, Alex y CUESTA, Carlos. Características básicas de una vivienda palafito en madera plástica reciclable en regiones impactadas por inundaciones en Colombia [en línea]. Medellín: Colegio Mayor de Antioquia [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.colmayor.edu.co/archivos/616_proyecto_vivienda_palafito_pwusf.pdf>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Compendio tesis y otros trabajos de grado. NTC 1486. Sexta actualización. Bogotá: ICONTEC, 2008. 36 p.

INSTITUTO NACIONAL DE APRENDIZAJE SENA. Seminario sobre el secado de la Madera. Conceptos básicos sobre la Madera – Generalidades [en línea]. Bogotá: El SENA [citado 17 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ciencias/sena/carpinteria/madera/madera1a.htm>>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Censos de Población y de Vivienda 2001, Definiciones Censales básicas [en línea]. Bogotá: El Instituto [citado 9 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL:<http://www.ine.es/censo2001/6.pdf>>.

MARDONES HICHE, Patricio. Estructuras de Madera [en línea]. Santiago: Pontificia Universidad Católica de Chile [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37528909001>>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE ANTROPOLOGÍA E HISTORIA. Sitio Arqueológico San Jorge, Ubicación [en línea]. Bogotá: El Instituto [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.icanh.gov.co/parques_asociados/sitios_arqueologicos/san_jorge/informacion_general/5256>.

ORGANIZACIÓN DE LOS ESTADOS AMERICANOS. Manual Sobre el Manejo de Peligros Naturales en la Planificación para el Desarrollo Regional Integrado. Washington: Departamento de Desarrollo Regional y Medio Ambiente [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <https://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea65s/begin.htm#Contents>>.

REVISTA FORESTAL VENEZOLANA. Conceptos propositivos de viviendas sociales en zonas de riesgo en Venezuela y Brasil, a partir de sistemas constructivos tradicionales, madera sólida y productos forestales [en línea]. Caracas: La Revista [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/32528/1/nota1_wilvercontreras.pdf>.

REVISTA PANAMERICANA DE SALUD PÚBLICA. Desarrollo sostenible: informe de un grupo de trabajo [en línea]. Washington: La Revista [citado agosto 6, 2014]. Disponible en Internet: <URL: http://www.scielosp.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1020-49891997000100008&lng=en&nrm=iso>.

SALAZAR M., Verónica. Proyectos que buscan hacer de la vivienda de madera, una vivienda de calidad: Chile apuesta por la construcción en madera [en línea]. Santiago de Chile: Revista de la Construcción [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=127612580012>>.

THE CHARTERED INSTITUTION OF WATER AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT. Policy Position Statement. Flood and Coastal Erosion Risk Management [en línea]. Londres: The Institution [citado 2 septiembre, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.ciwem.org/media/1031547/FCERM%20PPS%20Feb%202014.pdf>>.

VALLADARES PAGLIOTTI, Enzo. El Potencial de la Madera Como Elemento Estructural [en línea]. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile [citado 6 agosto, 2014]. Disponible en Internet: <URL: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37528909011>>.