



Colección Módulos de Formación Ambiental

Módulo Restauración y Manejo de Suelos y Aguas





©Universidad de los Llanos
©Ecopetrol S.A.

Convenio N° 5211592 – AC2. Identificación de alternativas de manejo ambiental de los ríos Guayuriba, Ocoa y Quenane de la cuenca del río Meta, Orinoco, basado en estrategias educativas, investigativas y de proyección social.

AUTORIDADES INSTITUCIONALES

OSCAR DOMINGUEZ GONZALES

Rector
Universidad de los Llanos

ELVIS MIGUEL PEREZ RODRIGUEZ

Decano Facultad Ciencias Básicas e Ingeniería
Universidad de los Llanos

MARCO AURELIO TORRES MORA

Director-Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana
Universidad de los Llanos

MAURICIO ORLANDO HERRERA POLANIA

Administrador de Convenio
Ecopetrol

ALEXANDRA PATRICIA CHIQUILLO OLIVIERI

Gestor Técnico del Convenio
Ecopetrol

Fotografías:

Naisly Ada Tovar Hernández
Sandra Milena Delgado García

Diseño y diagramación

Impresos La Expansión

Impresión de portada

Impresos La Expansión

Impresión

Instituto de Ciencias Ambientales de la
Orinoquia Colombiana

Comité Científico Editorial

Marco Aurelio Torres Mora, PhD Universidad de los Llanos
Hernando Ramírez Gil, PhD Universidad de los Llanos
Clara Inés Caro Caro, MSc Universidad de los Llanos
Sandra Parada, MSc. Universidad de los Llanos
Rosa Elena Ajiaco Martínez, MSc Universidad de los Llanos
Villavicencio, Colombia

100 ejemplares

ISBN 978-958-8594-88-0

Autores

Naisly Ada Tovar Hernández
Sandra Milena Delgado García
David Andrés Vargas Ahumada
Juan Manuel Trujillo González

Grupo de Investigación en Gestión
Ambiental Sostenible – GIGAS

Colección Módulos de Formación Ambiental-
Módulo Restauración y Manejo de Aguas y
Suelo

Villavicencio: Universidad de los Llanos –
Ecopetrol S.A., Agosto de 2014

Primera edición

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	2
1 RECURSO SUELO	3
1.1 ¿Qué es el suelo?	3
1.2 ¿Cómo se forma?	3
1.3 ¿Cuáles son sus características?	3
1.4 Degradación del suelo	4
1.4.1 Tipos de degradaciones.	4
1.5 ¿Qué debemos hacer para conservar el suelo y mantener su fertilidad?	5
2 ELEMENTOS BÁSICOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA	6
2.1 Pasos A Tener En Cuenta En La Restauración	7
2.1.1 Paso 1. Establecer El Ecosistema De Referencia	7
2.1.2 Paso 2. Evaluar El Estado Actual Del Ecosistema	7
2.1.3 Paso 3. Definir Las Escalas Y Niveles De Organización	8
2.1.4 Paso 4. Establecer Las Escalas Y Jerarquías De Disturbio	9
2.1.5 Paso 5. Consolidar La Participación Comunitaria	10
2.1.6 Paso 6. Evaluar El Potencial De Regeneración	10
2.1.7 Paso 7. Establecer Los Tensionantes Para La Restauración A Diferentes Escalas	10
2.1.8 Paso 8. Seleccionar Las Especies Adecuadas Para La Restauración	11
2.1.9 Paso 9. Propagar Y Manejar Las Especies	11
2.1.10 Paso 10. Seleccionar Los Sitios	12
2.1.11 Paso 11. Diseñar Estrategias Para Superar Las Barreras A La Restauración	13
2.1.12 Paso 12. Monitorear El Proceso De Restauración	13
2.1.13 Paso 13. Consolidar El Proceso De Restauración	13
2.2 El Plan Nacional De Restauración (Pnr)	14
2.2.1 La Restauración Ecológica	14
2.2.2 La Rehabilitación	15
2.2.3 La Recuperación	15
3 RECURSO AGUA	16
3.1 Uso Del Agua	16
3.2 Recurso Hídrico	16
3.3 Manejo Del Agua	16
3.3.1 Sanemaniento Básico	16
3.3.2 Acueducto	17
3.3.3 Agua Potable	17
3.3.4 Alcantarillado	17
3.4 Tratamientos Para Potabilizar El Agua	18
3.5 Métodos De Desinfección	18
3.6 Tratamiento De Aguas Residuales	19
4 PRÁCTICA DE CAMPO	21
5 TALLER EN CLASE	24
6 REFERENCIAS	25

INTRODUCCIÓN

Las comunidades rurales tienen la necesidad sentida de ser planificadores de su propio desarrollo, pero para ello requieren de canalizar el conocimiento de sus problemáticas, priorizarlas, enmarcarse en la normatividad local y ser actores y gestores de las posibles soluciones que se encaminen a mejorar sus condiciones de vida y sus economías en concordancia con su entorno físico-biótico, para lograr un verdadero desarrollo sostenible.

La restauración ecológica tiene como objetivo ayudar al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido para el inadecuado manejo de las actividades productivas alterando las propiedades biológicas, químicas y físicas del suelo y del agua; así como la productividad y los servicios ambientales que provee.

El proceso educativo formativo del Convenio N° 5211592 – AC2 entre la Universidad de los Llanos y Ecopetrol, pretende que las comunidades de la zona de influencia de las cuencas de los ríos Guayuriba, Ocoa y Quenane eviten el deterioro de los ecosistemas y mantengan la calidad de los recursos suelo y agua a lo largo del tiempo, mediante la aplicación de técnicas y manejos adecuados en sus actividades agropecuarias, aprendidos en el curso de Restauración y manejo de suelos y aguas como metas de desarrollo local.

1 RECURSO SUELO

1.1 ¿Qué es el suelo?

El suelo es un ente de la Naturaleza, cuyas características son el resultado de una larga evolución hasta alcanzar un equilibrio con las condiciones naturales. Y hemos de tener claro que en esas condiciones ambientales no está incluida la acción de las civilizaciones humanas. Es evidente que su continua y abusiva utilización por parte del hombre ha interferido en su evolución y ha condicionado negativamente sus propiedades, dando como resultado el suelo se deteriora y se degrada (García, I., y Dorronsoro, C., 2000).

1.2 ¿Cómo se forma?

La formación del suelo es un proceso muy lento: se precisan cientos de años para que el suelo alcance el espesor mínimo necesario para la mayoría de los cultivos.

- Al principio, los cambios de temperatura y el agua comienzan a romper las rocas: el calor del sol las agrieta, el agua se filtra entre las grietas y con el frío de la noche se congela.
- Luego aparecen las pequeñas plantas y musgos que crecen metiendo sus raíces entre las grietas. Cuando mueren y se pudren incorporan al suelo materia orgánica que es algo ácida y ayuda a corroer las piedras.
- Se multiplican los pequeños organismos (lombrices, insectos, hongos, bacterias) que despedazan y transforman la vegetación y los animales que mueren, recuperando minerales que enriquecen el suelo.

1.3 ¿Cuáles son sus características?

Las características de cada suelo dependen de varios factores. Los más importantes son el tipo de roca que los originó, su antigüedad, el relieve, el clima, la vegetación y los animales que viven en él, además de las modificaciones causadas por la actividad humana.

- El tamaño de las partículas minerales que forman el suelo determina sus **propiedades físicas**: textura, estructura, capacidad de drenaje del agua, aireación.
- Las **propiedades químicas** del suelo dependen de la proporción de los distintos minerales y sustancias orgánicas que lo componen. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio debe ser abundante y equilibrado. La materia orgánica siempre contiene carbono, oxígeno e hidrógeno, además de otros elementos.

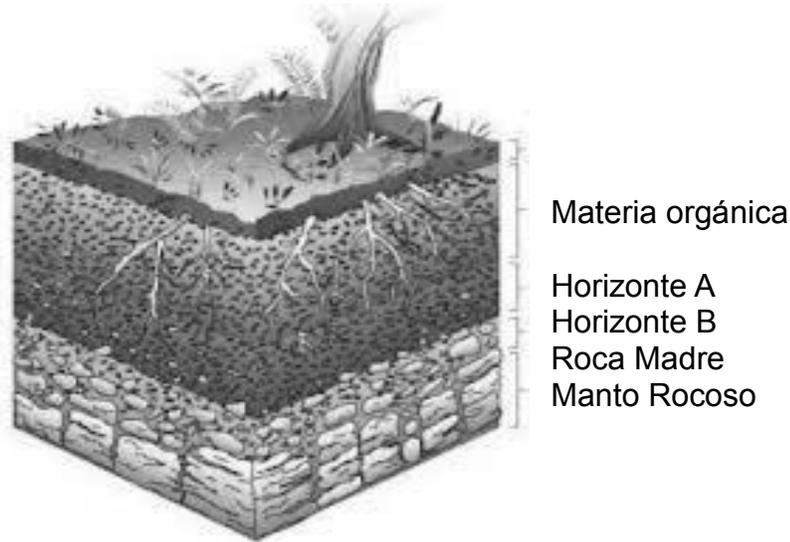


Figura 1. Estructura del suelo

Las propiedades físicas y químicas del suelo, unidas a los factores climáticos, determinan los vegetales y animales que pueden desarrollarse y la forma en que se debe cultivar la tierra.

1.4 Degradación del suelo

Se considera como degradación del suelo a toda modificación que conduzca al deterioro del suelo. Según la FAO - UNESCO la degradación es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios. La degradación del suelo es la consecuencia directa de la utilización del suelo por el hombre. Bien como resultado de actuaciones directas, como agrícola, forestal, ganadera, agroquímicos y riego, o por acciones indirectas (García y Dorronsoro, 2000).

1.4.1 Tipos de degradaciones.

Se pueden identificar varios tipos de degradaciones, entre las más importantes se encuentran:

- **Degradación de la fertilidad:** Es la disminución de la capacidad del suelo para soportar vida. Se producen modificaciones en sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas que conllevan a su deterioro.

Al degradarse el suelo pierde capacidad de producción y cada vez hay que añadirle más cantidad de abonos para producir siempre cosechas muy inferiores a las que produciría el suelo si no se presentase degradado.

- **Erosión:** La erosión es la pérdida selectiva de materiales del suelo. Por la acción del agua o del viento los materiales de las capas superficiales van siendo arrastrados, el concepto de erosión del suelo se refiere a la erosión antrópica, que es de desarrollo rápido.
- **Contaminación.** Por último, el suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. La FAO define la contaminación como una forma de degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo.

1.5 ¿Qué debemos hacer para conservar el suelo y mantener su fertilidad?

La cantidad de tierra que disponemos para cultivar es escasa y debe ser usada cuidadosamente y aplicando medidas de conservación apropiadas.

Un adecuado manejo del suelo ayuda a mantenerlo, restaurarlo y a mejorar su calidad. Para asegurarnos buenas cosechas durante muchos años, es importante que sepamos qué es y cómo se produce la erosión (García y Dorronsoro, 2000).

Para *impedir que el agua y el viento se lleven partículas de tierra*, podemos usar algunas técnicas que son muy eficaces a pesar de su sencillez. Se trata de prácticas para conservar el suelo y el agua.

- Cuando cultivamos suelos de laderas, hay que realizar las operaciones de cultivo en sentido perpendicular a la pendiente o en *curvas de nivel*.
- La *cobertura vegetal* (pastos tupidos, residuos de cosecha), además de enriquecer el suelo, ayuda a protegerlo contra la erosión, especialmente en la época de lluvias.
- Para defender al suelo de la erosión provocada por el viento y la lluvia es necesario usar *barreras*. Pueden ser *barreras vivas*, formadas por franjas de árboles y arbustos de hojas perennes y crecimiento denso, transversales a la dirección del viento y a la pendiente del terreno.
- Las zanjas y acequias permiten capturar el agua de escorrentía, que puede ser acumulada allí (*surcos de infiltración*), o puede ser llevada fuera del terreno (zanjas de drenaje y canales de desviación) hacia tanques para almacenarla.
- Las *terrazas* o andenes: hay terrenos de pendiente muy acentuada, y en ellos la construcción de terrazas ayuda a que el agua se absorba, evitando que arrastre el suelo y lo erosione.
- La *labranza mínima* limita la roturación del suelo a los surcos donde se va a sembrar.

- El *control de cárcavas*: las cárcavas son zanjas causadas por el agua, que socava el suelo y se lo lleva. Dificultan la agricultura y tienden a agrandarse, aumentando la erosión y los desmoronamientos de tierra.
- Es importante evitar el *sobrepastoreo*. Cuando se concentra el ganado, el pisoteo constante compacta el suelo.
- La *conservación de la fertilidad* se consigue reponiendo en el suelo los nutrientes y la materia orgánica que los cultivos y la erosión se llevan.
- Prácticas que ayudan a conservar la fertilidad son la *rotación de cultivos* y los *cultivos asociados*.
- Rotar los cultivos es sembrar diferentes cultivos en un mismo terreno, durante años sucesivos.
- *Reposición de materia orgánica*. Esta reposición puede ser natural, cuando se deja descansar el suelo y se espera que crezca nuevamente la vegetación. Pero también es posible enriquecerlo usando *compost*, agregando estiércol de los animales o enterrando los restos de las cosechas.
- *Plantación de leguminosas*: algunas plantas como el frijol, el garbanzo, las habas, la alfalfa, el trébol, la soya y las acacias tienen en sus raíces nódulos con bacterias que toman el nitrógeno del aire y lo fijan en el suelo.
- Los *fertilizantes minerales* pueden ser usados pero siempre con moderación y precaución al aplicarlos.
- Debemos recordar que son compuestos químicos que tienen los nutrientes necesarios para las plantas, pero no mejoran la calidad del suelo porque no contienen materia orgánica, como los abonos verdes, el compost y el estiércol.

2 ELEMENTOS BÁSICOS DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA

La restauración ecológica es una metodología relativamente nueva que tiene como objetivo principal ayudar al restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido para el manejo y reparación de estos, esta metodología se puede desarrollar mediante 13 pasos los cuales se deben aplicar de acuerdo a las características del sitio, el grado de alteración y escalas del proyecto de restauración (Vargas, 2011) (figura 1).

2.1 Pasos A Tener En Cuenta En La Restauración

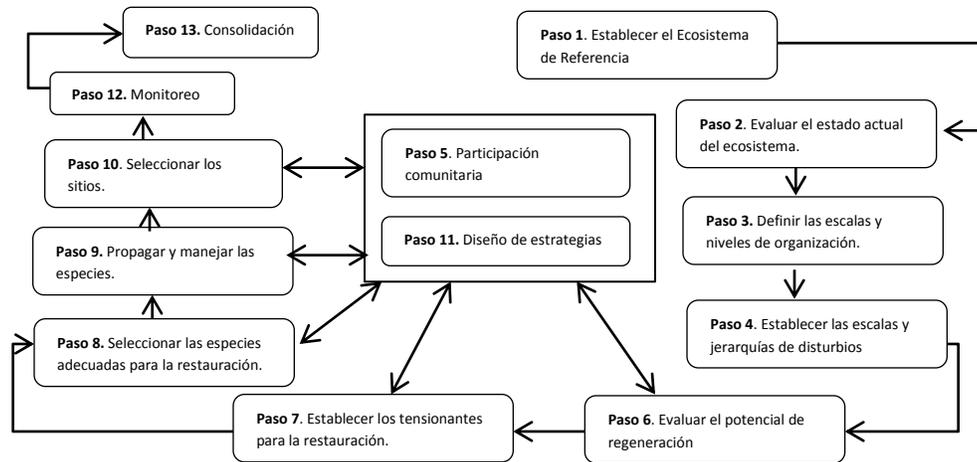


Figura 2. Secuencia y relaciones de los 13 pasos que se pueden utilizar en la restauración ecológica (Vargas, 2011).

2.1.1 Paso 1. Establecer El Ecosistema De Referencia

Es necesario tener el ecosistema de referencia identificado el cual puede ayudar a planear el proyecto de restauración, no es fácil identificar por eso es necesario considerar los siguientes aspectos (SER, 2004; Vargas, 2007):

- Descripciones ecológicas y listas de especies antes de la perturbación.
- Fotografías históricas y recientes, tanto aéreas como terrestres y mapas del sitio del proyecto antes del daño.
- Remanentes del sitio que se ha de restaurar que indiquen las condiciones físicas anteriores y la biota.
- Descripciones ecológicas y listas de especies de ecosistemas similares e intactos.
- Versiones históricas e historias orales de personas familiarizadas con el sitio del proyecto antes del daño.

2.1.2 Paso 2. EVALUAR EL ESTADO ACTUAL DEL ECOSISTEMA

Para realizar una restauración es necesario conocer la condiciones previas y actuales del ecosistema, lo cual permite identificar el problema y de esta manera proponer los objetivos de proyecto de restauración. Se recomienda que se evalúen los siguientes atributos del estado actual del ecosistema (Figura 3).

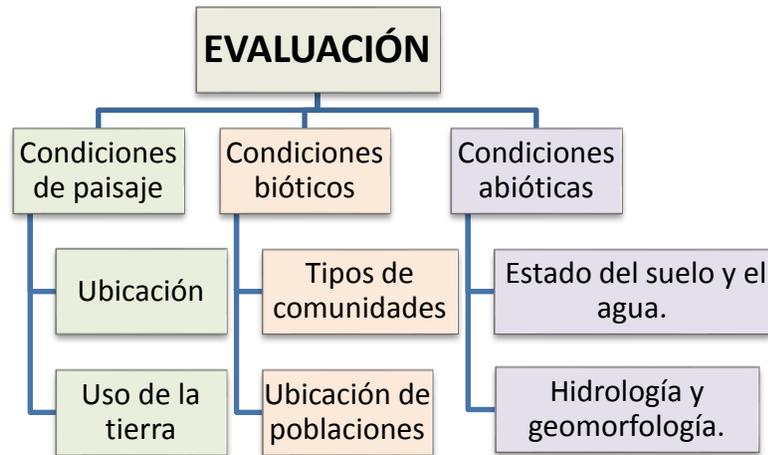


Figura 3. Atributos que se deben evaluar de un ecosistema para la restauración. (Vargas, 2011)

2.1.3 Paso 3. Definir Las Escalas Y Niveles De Organización

La restauración ecológica contiene diferentes niveles de organización, desde poblaciones de especies y comunidades a ecosistemas o paisajes, para cada uno de los niveles se debe plantear una estrategia de trabajo diferente, ya que según la escala y el nivel de realiza el análisis (Lake, 2001).

Para definir los objetivos de un proyecto de restauración es necesario primero precisar escalas y su relación con los niveles de organización (Figura 4).



Figura 4. Escalas y Niveles de Organización para el proyecto de restauración (Lake, 2001).

Paso 4. Establecer Las Escalas Y Jerarquías De Disturbio

Todos los ecosistemas están sujetos a un régimen de disturbios naturales y antrópicos, la combinación de estos establece una dinámica espacial y temporal en los paisajes (Collins, 1987).

Los principales disturbios naturales son: deslizamientos, vulcanismo, huracanes, tormentas, lluvias y vientos fuertes, inundaciones, heladas, disturbios producidos por animales y fuegos naturales. Disturbios antrópicos se relacionan con ganadería y agricultura, minería, deforestación, quemas, la construcción de obras civiles (embalses, oleoductos y carreteras), explotación de especies, siembra de especies forestales exóticas, invasiones biológicas. En la siguiente tabla 1 presenta los disturbios antrópicos y naturales más frecuentes en los ecosistemas colombianos.

Tabla 1. Principales disturbios antrópicos y naturales en los ecosistemas de Colombia

Disturbios antrópicos	Ecosistema s terrestres	Ecosistemas de agua dulce	Ecosistemas costeros
Sistemas de producción extensiva e intensiva (agricultura y ganadería)			
Potrerización			
Sistemas productivos forestales no sostenibles			
Invasiones biológicas			
Cultivos ilícitos			
Quemas			
Desecación de turberas			
Minería			
Contaminación			
Sobreexplotación de recursos biológicos			
Desarrollo industrial y urbanístico			
Modificación de regímenes hidrológicos			
Sedimentación			
Pesca con dinamita y/o red de arrastre			
Disturbios naturales			
Huracanes			
Terremotos y maremotos			
Fuegos			
Inundaciones			
Deslizamiento			
Vulcanismo			

Fuente: Vargas, 2011

2.1.4 Paso 5. Consolidar La Participación Comunitaria

Como se ha mencionado los ecosistemas presentan disturbios antrópicos que juegan un papel importante en cualquier escala que se elija. La pérdida de los servicios ambientales de los ecosistemas es también una preocupación de las gentes en cualquier región y por consiguiente hay que tener en cuenta tanto el manejo regional como las necesidades de las comunidades locales. Por eso es muy importante que la gente participe activamente, desde su formulación en los proyectos de restauración, esto puede garantizar su continuidad y consolidación (Cano y Vargas 2007).

Las comunidades que se deben tener en cuenta en este tipo de proyectos son:

- **Comunidad campesina:** Trabajadores agrícolas de diferentes edades y géneros.
- **Comunidades indígenas.**
- **Comunidad escolar:** profesores, padres de familia y alumnos.
- **Entidades locales:** Asociaciones, ONG's, Entidades.
- **Investigadores**

2.1.5 Paso 6. Evaluar El Potencial De Regeneración

Cuando se habla de la potencialidad de regeneración se habla la disponibilidad de especies en la región, su ubicación y abundancia de especies nativas que ofrece un paisaje, en esta fase se trata de hacer una aproximación a las especies nativas, muchas de estas especies pueden estar extintas localmente, pero no regionalmente, es por esto que es necesario tener muy claro el contexto regional (Vargas *et al.*, 2007).

2.1.6 Paso 7. Establecer Los Tensionantes Para La Restauración A Diferentes Escalas

Los tensionantes o barreras son aquellos factores que impidiendo, limitan o desvían la continuación natural en áreas alteradas por disturbios naturales y antrópicos (Vargas *et al.*, 2007). Los tensionantes para la restauración ecológica pueden clasificarse en dos tipos: ecológicos y socioeconómicos. Los de tipo ecológico se relacionan con los factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico por otro lado los de tipo socioeconómico son todos los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural, principalmente los tipos de uso de la tierra, dentro de ellos se pueden identificar los siguientes:

1. Tensionantes para la dispersión de las plantas.
2. Tensionantes para el establecimiento de las plantas.
3. Tensionantes para la persistencia de las plantas.
4. Tensionantes sociales

2.1.7 Paso 8. Seleccionar Las Especies Adecuadas Para La Restauración

La selección de especies para la restauración es un aspecto muy importante, puesto que el éxito de los proyectos depende de la capacidad para dicha selección (Tabla 2).

Del listado de especies y sus trayectorias sucesiones registrado en el potencial de regeneración, se seleccionan las especies más importantes bajo una escala de atributos o rasgos que pueden ser útiles en los sitios que se van a restaurar. Por ejemplo, para áreas en donde hay que recuperar el suelo es muy importante combinar especies fijadoras de nitrógeno con especies que produzcan gran cantidad de hojarasca. En esta fase es necesario combinar el conocimiento de la gente y el conocimiento de expertos locales y científicos.

2.1.8 Paso 9. PROPAGAR Y MANEJAR LAS ESPECIES

La propagación es la capacidad de las plantas para reproducirse, ya sea de forma sexual o vegetativa (asexual); la primera de estas se da por medio de las semillas y la segunda mediante células, tejidos y órganos. Existen tres tipos de propagación vegetativa (Cardona 2007):

1. La propagación por rizomas, estacas, esquejes, bulbos, tubérculos, estolones y segmentos de órganos como tallos y hojas.
2. La propagación por injertos donde segmentos de una planta se adhieren a otra receptiva más resistente de mejores características.
3. La propagación in vitro, en la cual células, partes de tejido u órganos son cultivados en condiciones controladas de laboratorio.

Para esta propagación es importante tener en cuenta los atributos de las especies vegetales al momento de seleccionarlas para el proyecto de restauración ecológica, en la siguiente tabla se presentan unos ejemplos de algunas características que deben tener en cuenta.

Tabla 2. Características que deben tener las plantas que se utilizan en un proyecto de restauración.

Atributos de selección de plantas		
Morfológicos	Reproductivos	Otros
Planta completa <ul style="list-style-type: none"> Habito: arbusto, árbol, hierba. Altura 	<ul style="list-style-type: none"> Reproducción sexual Reproducción vegetativa 	Nivel poblacional: frecuencia, abundancia y tipo de distribución de la especie.
Copa <ul style="list-style-type: none"> Forma de la copa Cobertura de la copa Densidad de follaje 	Estrategia de dispersión de las semillas: <ul style="list-style-type: none"> Zoocoria, anemocoria o barocoria (tipo de fruto) 	Asociación <ul style="list-style-type: none"> Tipo de asociación con otras especies nativas o toxicas. Presencia de micorrizas
Hoja <ul style="list-style-type: none"> Área foliar Contenido de materia seca. Cociente peso fresco/peso seco Tipo de hoja 	Estrategia de polinización <ul style="list-style-type: none"> Ornitofilia, entomofilia o anemofilia 	<ul style="list-style-type: none"> Tolerancia a la luz Resistencia a heladas Fijadora de nitrógeno Producción de hojarasca Defensa anti-herbivoros. Estado fitopatológico: nivel de ataque
	<ul style="list-style-type: none"> Banco de semillas Banco de plántulas Banco de retoños 	<ul style="list-style-type: none"> Usos tradicionales o industriales potenciales: protección márgenes hídricas y nacederas. Presentación de servicios ambientales

2.1.9 Paso 10. Seleccionar Los Sitios

El conjunto de recomendaciones para la selección de los sitios hace referencia principalmente a una combinación de factores abióticos, bióticos y las poblaciones humanas locales, de acuerdo con Vargas (2007), algunos de los criterios que se deben tener en cuenta son:

- Ubicación en sitios accesibles.
- Áreas de interés comunitario.
- Definir si aún persisten en el sitio los disturbios y predecir si se pueden volver a presentarlos.
- Se debe explicar a las comunidades locales sobre el papel de los disturbios.
- Evaluar con las comunidades locales las actividades humanas buscando la compatibilidad con el proyecto.

- Establecer amenazas a las especies nativas.
- Se debe evaluar si hay especies invasoras.
- No es recomendable remover especies introducidas naturalizadas (no invasoras).
- Evaluar los gradientes topográficos naturales y patrones de drenaje.
- Restablecer el régimen del flujo hidrológico natural.
- Evaluar el estado del suelo.

2.1.10 Paso 11. Diseñar Estrategias Para Superar Las Barreras A La Restauración

Se plantean cinco conjuntos de estrategias para superar las barreras a la restauración (Vargas, 2007):

- Eliminación de Disturbios o Barreras
- Selección y Propagación de especies
- Creación de micro sitios y matrices de vegetación
- Recuperación de Suelos

2.1.11 Paso 12. Monitorear El Proceso De Restauración

El monitoreo es el seguimiento y evaluación que se deben realizar a los continuos cambios que experimenta el ecosistema, bajo los diferentes tratamientos de restauración aplicados. Tiene como objetivo final asegurar el éxito en la restauración ecológica (Block *et al.*, 2001).

- Definir los objetivos del programa de monitoreo en el mismo momento en que se definen los objetivos.
- Establecer las escalas espaciales y temporales (monitoreo a corto y largo plazo).
- Seleccionar los parámetros que se han de monitorear y los indicadores.
- Escoger la metodología adecuada para el monitoreo de los diferentes indicadores ecológicos.

2.1.12 Paso 13. Consolidar El Proceso De Restauración

El diseño del programa de monitoreo debe realizarse en el mismo momento en el que se plantean los objetivos de la restauración y se planean los tratamientos que serán aplicados. De esta manera, un monitoreo ecológico efectivo se entiende como un proceso que acompaña al proceso de restauración desde el diagnóstico del estado actual del ecosistema, y continúa durante la implementación de los tratamientos y el desarrollo de los mismos, terminando en el momento en que se considera que el ecosistema ha recuperado su integridad ecológica (Holl y Cairns 2002).

En el diseño de un programa de monitoreo para la restauración ecológica, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos (Díaz, 2007):

- Definir los objetivos del programa de monitoreo en el mismo momento en que se definen los objetivos de la restauración ecológica, y en concordancia con estos.
- Establecer las escalas espaciales y temporales (monitoreo a corto y largo plazo), en las cuales se desarrollarán la restauración ecológica y el programa de monitoreo.
- Seleccionar los parámetros que se han de monitorear y los indicadores ecológicos adecuados para evaluar su desempeño.
- Escoger la metodología adecuada para el monitoreo de los diferentes indicadores ecológicos.

2.2 El Plan Nacional De Restauración (Pnr)

Herramienta de gestión y planificación de acciones que orientan y promover la restauración, recuperación y rehabilitación de áreas disturbadas. Se estructura en fases temporales que buscan ordenar acciones prioritarias y determinantes en un marco lógico.

Reúne tres enfoques de implementación:

- La restauración ecológica
- La rehabilitación
- La recuperación

2.2.1 La Restauración Ecológica

Es el restablecimiento de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido (Figura 5).

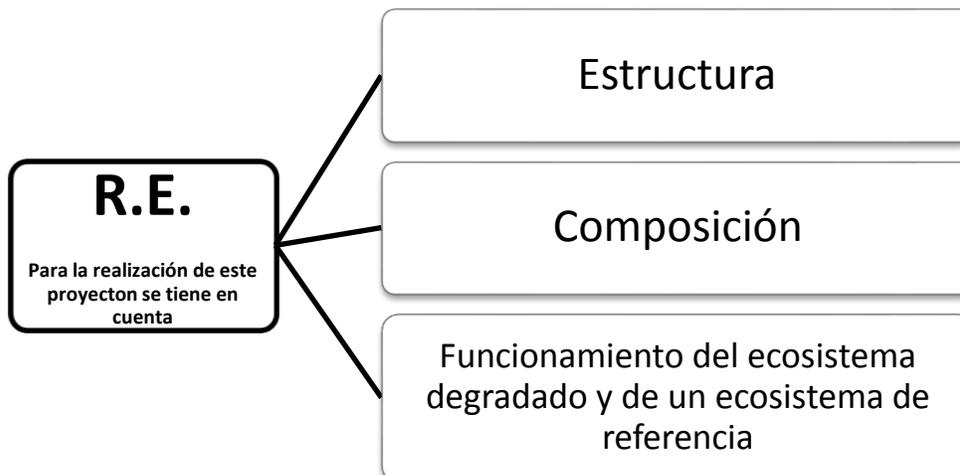


Figura 5. Aspectos que se deben tener en cuenta para la Restauración Ecológica.

Cuando se habla de restauración económica también se tocan otras dimensiones a parte de la ecológica, esta también involucra lo social, lo político, lo económico y lo ético (Vargas, 2007) (Figura 6):

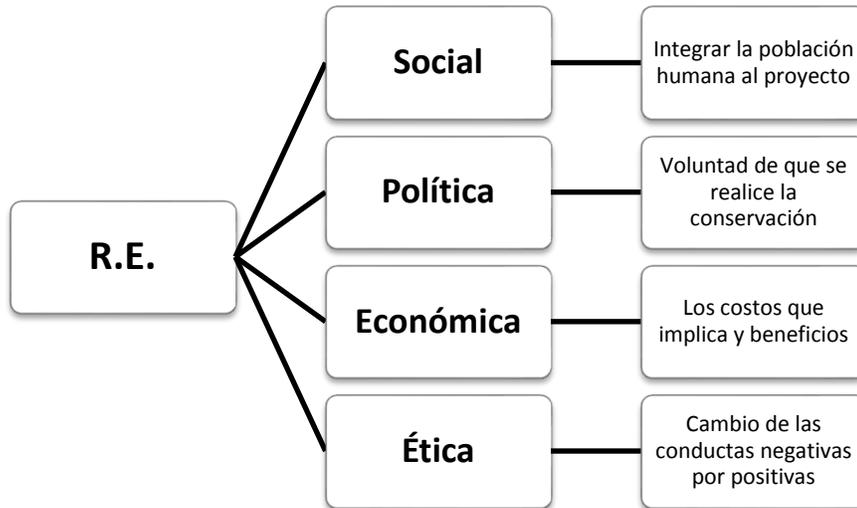


Figura 6. Dimensiones de la restauración ecológica.

2.2.2 La Rehabilitación

Se enfoca en el restablecimiento de manera parcial de elementos estructurales o funcionales del ecosistema deteriorado, así como de la productividad y los servicios ambientales que provee el ecosistema, a través de la aplicación de técnicas. Es posible recuperar la función ecosistémica, sin recuperar completamente su estructura, este caso corresponde a una rehabilitación de la función ecosistémica, incluso con un reemplazo de las especies que lo componen (Samper, 2000).

2.2.3 La Recuperación

Su objetivo es que se retorne la utilidad de un ecosistema sin tener como referencia un estado pre-disturbio. En ésta, se reemplaza un ecosistema degradado por otro productivo, pero estas acciones no llevan al ecosistema original. Un ejemplo es citado por Munshower que define la recuperación como las acciones para la construcción de topografía, suelo y condiciones para las plantas después del disturbio, lo cual puede llevar a que el sitio pre disturbio sea diferente, pero permite a la tierra degradada funcionar adecuadamente en el ecosistema (Munshower, 1994) (Figura 7).

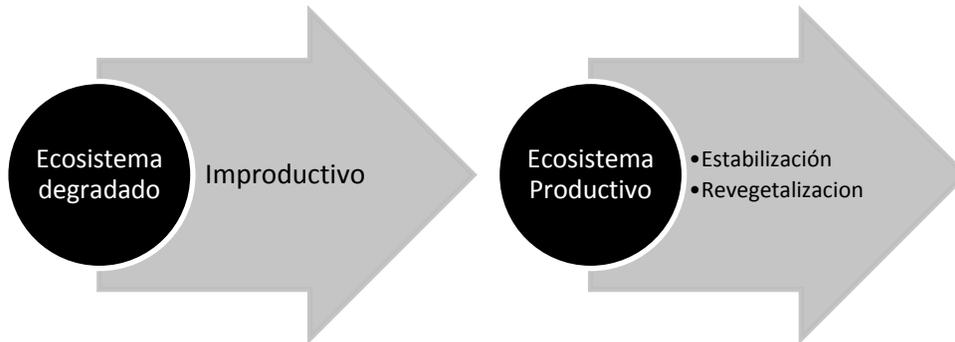


Figura 7. Objetivos de la recuperación.

3 RECURSO AGUA

3.1 Uso Del Agua

En el mundo, 4000 km² de agua son usados por personas cada año para abastecer los sectores domésticos, industriales, agrícolas, entre otros. Países como China, India y los Estados Unidos son los que utilizan la mayor parte del agua. Estos también son los países donde vive la mayoría de las personas. Es importante mencionar que el uso de agua por persona en Estados Unidos es aproximadamente tres veces superior de lo que es en la India y China (Wordlmapper, 2015).

3.2 Recurso Hídrico

Al hablar de recurso hídrico se tiene en cuenta únicamente del agua dulce, no se tiene en cuenta el agua de mar debido a que para la mayoría de los usos se requiere de tratamiento previo. Las regiones de América del Sur y Asia-Pacífico son los que más agua disponible tienen en el mundo, así mismo, los países con mayores precipitaciones suelen tener recursos de agua más grandes (Wordlmapper, 2015).

3.3 Manejo Del Agua

3.3.1 Saneamiento Básico

El saneamiento ambiental básico es el conjunto de acciones técnicas y socioeconómicas de salud pública que tienen por objetivo alcanzar niveles crecientes de salubridad ambiental, tanto en el ecosistema como en el medio urbano y rural. Comprende el manejo sanitario del agua, las aguas residuales y excretas, los residuos sólidos y el comportamiento higiénico que reduzca los

riesgos para la salud y prevenga la contaminación. Tiene por finalidad la promoción y el mejoramiento de las condiciones de vida (CEPIS, SDE Y OPS, 2003).



Figura 8. El agua elemento básico de saneamiento.

3.3.2 Acueducto

El servicio de acueducto consiste en un sistema de suministro, el cual incluye captación, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción, conexión, medición y administración incluyendo comercialización y facturación, con el fin de abastecer de agua a una vivienda, garantizando la calidad, la cantidad, la continuidad y la presión del líquido, teniendo el usuario que hacer retribución por este servicio (MinMinas, 2013).

3.3.3 Agua Potable

Se denomina agua potable o agua para consumo humano, al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud.

La Constitución Política de Colombia establece como uno de los fines principales de la actividad del Estado, la solución de las necesidades básicas insatisfechas, entre las que está el acceso al servicio de agua potable, que es fundamental para la vida humana. El abastecimiento adecuado de agua de calidad para el consumo humano es necesario para evitar casos de morbilidad por enfermedades como la diarrea (Naranjo, 2014).

3.3.4 ALCANTARILLADO

Se denomina alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías, usado para la recogida y transporte de las aguas residuales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se

tratan. El acceso a soluciones de alcantarillado y el tratamiento de las aguas residuales es otro factor importante en la salud y la calidad de vida de la población (Barón, 2011).

3.4 TRATAMIENTOS PARA POTABILIZAR EL AGUA

Es importante hacer una buena potabilización del agua antes de consumirla y así evitar enfermedades; los tres tratamientos usados son:

- **Filtración:** extrae físicamente la suciedad haciendo pasar el agua a través de materiales como la cerámica o la arena.
- **Sedimentación:** permite que con el tiempo, la suciedad se deposite en el fondo del recipiente o contenedor de agua.
- **Desinfección:** se hace para obtener un agua libre de gérmenes causantes de enfermedades. Puede realizarse utilizando productos químicos, calor o inclusive, la luz solar.

3.5 MÉTODOS DE DESINFECCIÓN

Hervido: El hervido es un método tradicional de tratamiento del agua. Si se hace correctamente puede suministrar el líquido a una población que no tiene otra opción de consumo. Es un método sencillo que destruye todos los gérmenes causantes de enfermedades; es efectivo solamente si la temperatura es suficientemente alta. Además el agua debe dejarse al menos diez minutos más después de comenzar a burbujear.



Figura 9. Hervido, método de desinfección del agua

Solarización: La exposición del agua a los rayos del sol destruye bacterias, virus y hongos causantes de enfermedades. Se recomienda reutilizar botellas plásticas, pintar un lado de éstas de color negro, llenarlas de agua y ubicarlas en un lugar donde los rayos del sol le den directamente, durante un día; así la temperatura

aumentará más rápido, eliminando gérmenes. En días lluviosos, la exposición debe de ser de dos días.



Figura 10. Solarización, método de desinfección del agua.

Cloración: Es el procedimiento utilizado para desinfectar el agua, usando el cloro gas o algunos de sus derivados, como los hipocloritos de calcio o de sodio.



Figura 11. Cloración, método de desinfección del agua.

3.6 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El recurso hídrico es usado principalmente por los sectores doméstico, industrial y agrícola. En América Latina el esquema tradicional del uso está enfocado a en que estos sectores utilizan el recurso y sus aguas residuales van directamente a una fuente hídrica sin ningún tratamiento previo.



Figura 12. Esquema de uso tradicional del agua en América Latina.

En América Latina actualmente se evidencian esquemas de uso de agua de forma más eficiente, en los cuales se le hace un tratamiento a las aguas residuales y un porcentaje de esta agua es reutilizado por el sector agrícola, el porcentaje restante es vertido a las fuentes hídricas.

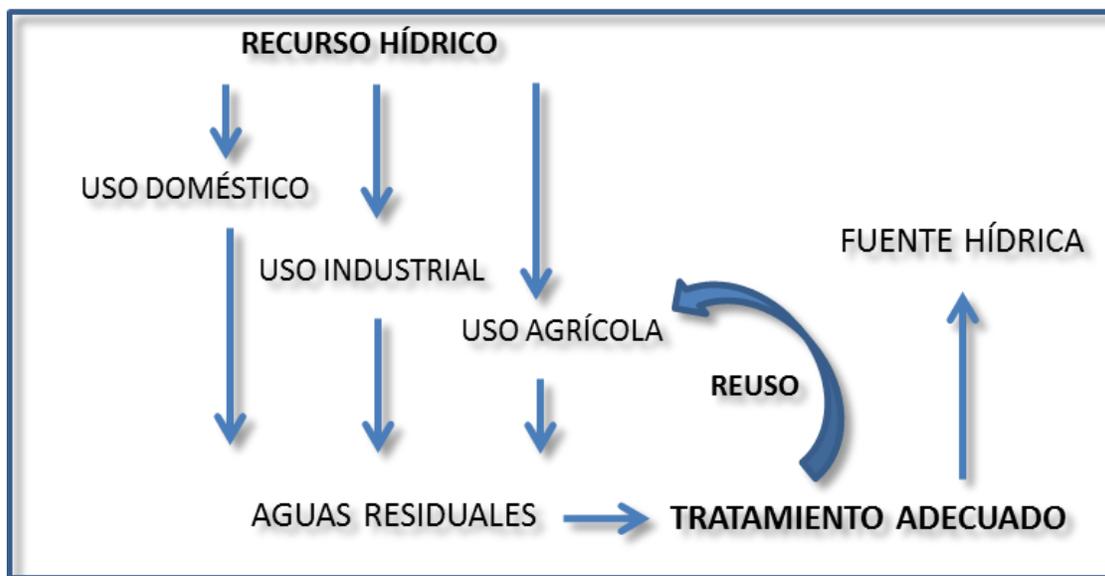


Figura 13. Esquema tendencia actual del uso del agua en América Latina

4 PRÁCTICA DE CAMPO

“VISITA A LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS”

De acuerdo al plan de mantenimiento de infraestructura de la Universidad de los Llanos de 2014, las actividades de mantenimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales consisten en:

- Revisión diaria del tablero de controles, amperaje y voltaje, con el objeto de cerciorar que los equipos, motores y bombas funcionan correctamente
- Limpiar con nasa el pozo eyector y el tanque ecualizador para que las bombas no succionen material no degradable.
- Verificar que lo difusores de las 16 cámaras estén funcionando perfectamente.
- Limpiar los vertederos y las bocas de la tubería a la entrada y salida de los tanques.
- Analizar PH de los biodigestores y del agua residual efluente con destino al caño Piñalito.
- Recircular el agua del biodigestor #6 cámara #1 a el biodigestor #1 cámara #1, con el fin de sacar los residuos allí almacenados.
- Lavar tanque sedimentador o clorificador a un tanque que envía el agua al primer biodigestor logrando reciclar parte de los lodos nuevamente a los biodigestores.



Figura 14. Visita planta de tratamiento de aguas residuales Universidad de los Llanos

INDICADOR DE USO DE AGUA “HUELLA HÍDRICA”

¿QUÉ ES LA HUELLA HÍDRICA?

Es un indicador geográfico y temporalmente explícito, que mide el uso del agua dulce, tanto el uso directo como el uso indirecto (Hoekstra et al., 2011). Así mismo permite identificar las relaciones socioambientales respecto al agua, este indicador está orientado especialmente hacia actividades socioeconómicas, razón por la cual se presenta como el más importante factor de presión e impacto sobre los recursos naturales (WWF, 2012).



Figura 15. Huella hídrica de alimentos y prendas de vestir

Tabla 3. Huella hídrica de algunos productos

PRODUCTO	LITROS DE AGUA	FUENTE
Taza de té	30	Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2003)
100 gr Chocolate	2400	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 Tomate	13	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
Taza de café	140	Chapagain, A.K. and Hoekstra, A.Y. (2003)
1lb azúcar	750	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 cerveza	105	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)

PRODUCTO	LITROS DE AGUA	FUENTE
1 Naranja (100gr)	50	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 Manzana (100gr)	70	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 paquete de papas	185	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 huevo	135	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 banano (100gr)	80	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 papa (100gr)	25	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 tajada de pan	40	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 hamburguesa	2400	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 vaso de leche	200	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 copa de vino	120	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 vaso de jugo de naranja	190	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 tajada de queso	50	Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2007)
1 kg pasta	1924	M.M. Aldana, A.Y. Hoekstra. (2010)
1 pizza	1216	M.M. Aldana, A.Y. Hoekstra. (2010)
1 kg de Carne de Res	15500	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 kg cerdo	4800	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 kg arroz	1193	Trujillo. J, et al. (Sin publicar)
1 kg mango	1600	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 kg Maíz	900	Hoekstra, A.Y. (2008)
100 gr Pollo	3900	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 kg Calabaza	240	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 kg lechuga	130	Hoekstra, A.Y. (2008)
1 kg repollo	200	Hoekstra, A.Y. (2008)

5 TALLER EN CLASE

1. Escriba la percepción de su consumo de agua
2. De acuerdo a los datos que están en la tabla, calcule aproximadamente su huella hídrica indirecta de un día.
3. Teniendo en cuenta el ejercicio anterior, calcule la huella hídrica de un día de su comunidad.
4. Nuevamente y con base en los ejercicios anteriores escriba su percepción de consumo de agua y propuestas para disminuirlo.



Figura 16. Taller de huella hídrica

6 REFERENCIAS

Aldaya, M. M. y Hoekstra, A. Y. (2010). El agua necesaria para los italianos comer pasta y pizza. *Sistemas Agrícolas*, 103, 351-360.

Barón López, Suyapa. (2011). Política distrital de salud Ambiental para Bogotá 2011-2023. Documento técnico. Línea de intervención calidad de agua y saneamiento básico. Alcaldía Mayor de Bogotá. Colombia.

Block, W. M., A. B. Franklin, J. P. Ward, Jr., J. L. Ganey & G. C. White. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. *Restoration Ecology* 9 (3): 293-303.

Cano, I. y O. Vargas. 2007. Lograr la participación comunitaria. En: O. Vargas (ed.). Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Cardona, A. 2007. Propagación de especies En: O. Vargas (ed.) Guía Metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

CEPIS, SDE, OPS. 2003. Estrategia de cooperación técnica en saneamiento ambiental básica.

Chapagain, A. K. y Hoekstra, A. Y. (2003). El agua que se necesita para que el beber té holandés. *Valor de Investigación del Agua*, Serie de informe No. 15, UNESCO-IHE.

García, I., & Dorronsoro, C. (2000). Contaminación del suelo. Curso: Tecnología.
Hoekstra, A. Y. (2008). El agua neutral: la reducción y compensación de los impactos de huellas del agua. *Valor del informe de investigación del agua*, Serie No. 28, UNESCO-IHE.

Hoekstra, A. Y. y Chapagain, A. K. (2007). Huellas hídricas de las naciones: el uso del agua por la gente en función de su patrón de consumo. *Gestión de recursos hídricos*, 21(1), 35-48.

Lake, P. S. 2001. On the Maturing of Restoration: Linking Ecological Research and Restoration. *Ecological Management and Restoration* 2(2): 110-115.

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Instructivo Control de Servicios Públicos. Colombia.

Munshower, F.F. 1994. Practical Handbook of Disturbed Land Revegetation. Lewis Publishers. Boca Ratón, Florida.

Naranjo Medina, Lady Milena. (2014). Propuesta de mejora de la calidad en el tratamiento de agua potable en la empresa de acueducto de Yopal (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD. Yopal, Casanare, Colombia.

Ríos, F. (2005). Guía técnica para la restauración ecológica de áreas afectadas por especies vegetales invasoras en el Distrito Capital. *Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis*.

Samper, C. 2000. Ecosistemas Naturales, Restauración Ecológica e Investigación. En: E. Ponce de León (Ed.). Memorias del Seminario de Restauración Ecológica y Reforestación. Pp. 27-37. Fundación Alejandro Ángel Escobar – Fescol – GTZ. Bogotá, Colombia.

SER. Society for Ecological Restoration International Science, Grupo de Trabajo sobre Ciencia y Política. 2004. Principios de SER Internacional sobre restauración ecológica. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Torres, Marco; Venegas, Miguel; Trujillo, Juan; Rojas, Andrés; Tovar, Naisly; Delgado, Sandra; Bustamante Ximena; Navas, Edith; Prada, Iván. 2011. Alternativas ambientales y agricultura para el hogar. Universidad de los Llanos. 32 p. (Colección Caja de Saberes).

Trujillo, J. (2012). Huella hídrica de la producción de arroz paddy en los municipios del Meta. En: *Memorias Taller “Experiencias y Expectativas en adaptación y mitigación del cambio climático en la región de la Orinoquía”*. NORECO – Nodo Regional de Cambio Climático Orinoquía.

Vargas O., Díaz, A., Trujillo, L., Velasco, P., Díaz, R., León O. & A. Montenegro. 2007. Barreras para la Restauración Ecológica. Pp. 46-66. En: O. Vargas (ed). Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino. Universidad Nacional de Colombia – Colciencias.

Vargas, O. (2011). Los pasos fundamentales en la restauración ecológica. In Vargas R., O., Reyes B., *SP La Restauración Ecológica en la Práctica: Memorias del I Congreso Colombiano de Restauración Ecológica y II Simposio Nacional de Experiencias en Restauración Ecológica, Bogotá, DC, Colombia, Ed. Universidad Nacional de Colombia* (pp. 19-40).



Worldmapper, 2015. Recurso Hídrico y Usos del Agua Disponible en <http://www.worldmapper.org/display.php?selected=102>

WWF. (2012). Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica (p. 48). Bogotá, Colombia.

http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s04.htm#P5_56

INSTITUTO DE CIENCIAS AMBIENTALES DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA - ICAOC



El Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana – ICAOC-, dentro de su política de Ciencia, Tecnología e Investigación – CT+I, busca articularse con la estrategia de política nacional de “crear las condiciones para que el conocimiento sea un motor de desarrollo que cumpla con los desafíos de acelerar el crecimiento económico, disminuir la inequidad y cerrar brechas, la descentralización territorial e institucional es un instrumento para procurar el desarrollo armónico de la potencialidad científica y tecnológica del país, consolidando las comunidades y capacidades académicas y científicas en los Entes Territoriales”.

MISIÓN

Generar, validar y transferir conocimientos que contribuyan a la construcción de modelos de desarrollo armónicos hombre – sociedad - naturaleza, orientados a la solución de los problemas ambientales, al mantenimiento de los servicios ecosistémicos y al logro del bienestar humano, en la Orinoquia y en el país.

VISIÓN

En el 2022, el Instituto de Ciencias Ambientales, será el referente ambiental para la Orinoquia, por sus aportes científicos y técnicos a las soluciones de prevención, mitigación y reparación ambiental, y liderando los esfuerzos de la gestión tanto pública como privada encaminada al bienestar de las comunidades, al sostenimiento de los servicios ecosistémicos y al desarrollo integral y equitativo de la región.

“CONVENIO MARCO DE COLABORACIÓN N° 5211592 PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS RÍOS GUAYURIBA, OCOA, Y CAÑOS QUENANE, QUENANITO DE LA CUENCA DEL RÍO META, ORINOCO, BASADOS EN LAS ESTRATEGIAS EDUCATIVAS, INVESTIGATIVAS Y DE PROYECCIÓN SOCIAL”.

OBJETIVOS 2:

Vincular a la comunidad mediante capacitación en temas de monitoreo y servicios ambientales, restauración de ecosistemas e implementación de nuevas alternativas socioeconómicas.



**UNIVERSIDAD
DE LOS LLANOS**

INSTITUTO DE CIENCIAS AMBIENTALES
DE LA ORINOQUIA COLOMBIANA



CURSOS:

- ◆ Alfabetización Digital
- ◆ Formación en Muestreos Ambientales
- ◆ Muestreo de Recursos Biológicos Acuáticos
- ◆ Muestreo de Peces
- ◆ Uso del suelo y Coberturas Vegetales
- ◆ Restauración y Manejo de Agua y Suelo
- ◆ Formación y Legislación Ambiental
- ◆ Ecología Social
- ◆ Formulación de Proyectos
- ◆ Evaluación de Proyectos