

**EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES: UNA ALTERNATIVA PARA EL  
CONTROL DEL BUCHÓN DE AGUA (*Eichhornia crassipes*)  
EN LA LAGUNA DE SONSO**

**SILVIA ELENA RODRÍGUEZ ORTIZ  
FLOR DEL CARMEN ORTEGA GUERRERO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE  
Y DE LOS RECURSOS NATURALES  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES: UNA ALTERNATIVA PARA EL  
CONTROL DEL BUCHÓN DE AGUA (*Eichhornia crassipes*)  
EN LA LAGUNA DE SONSO**

**SILVIA ELENA RODRÍGUEZ ORTIZ  
FLOR DEL CARMEN ORTEGA GUERRERO**

**Pasantía para optar al título de Administrador del Medio Ambiente y de los  
Recursos Naturales**

**Asesor  
JULIO CÉSAR MONTOYA VILLEGAS M.Sc.  
Investigador Grupo De Estudios Ambientales – GEADES  
Investigador Proyecto IV. 18 CYTED**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AMBIENTALES  
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE  
Y DE LOS RECURSOS NATURALES  
SANTIAGO DE CALI  
2006**

**Nota de aceptación:**

**Aprobada por el Comité de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al Título de Administrador del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales.**

**JULIO CÉSAR MONTOYA VILLEGAS**  
**Asesor**

**JULIO CÉSAR MOLINA BASTIDAS**  
**Asesor Metodológico**

**JULIO CÉSAR WILCHES RODRÍGUEZ**  
**Asesor Metodológico**

**Santiago de Cali, Junio de 2006**

## TABLA DE CONTENIDO

	Págs.
RESUMEN	
SUMMARY	
INTRODUCCIÓN	15
1. JUSTIFICACION	17
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. PLANTAS VASCULARES MACROSCÓPICAS	19
3.1 MACRÓFITAS ACUÁTICAS	19
3.1.1 Generalidades	19
3.2 <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de Agua, Buchón de Agua o Lirio Acuático)	21
3.2.1 Distribución	21
3.2.2 Clasificación taxonómica	23
3.2.3 Características externas	23
3.2.4 Reproducción	25
3.2.5 Ecología	25
3.2.5.1 Composición química del agua	26
3.2.5.2 Evapotranspiración	26
3.2.6 Sedimentación, inundación y navegación	27

<b>3.2.7 Estilo de vida, salud y educación</b>	<b>27</b>
<b>3.2.8 Pesca y alimentos</b>	<b>28</b>
<b>3.2.9 Fitoplancton</b>	<b>28</b>
<b>3.2.10 Flora</b>	<b>28</b>
<b>3.2.11 Fauna</b>	<b>28</b>
<b>3.2.12 Usos</b>	<b>28</b>
<b>3.2.13 Métodos de control</b>	<b>30</b>
Herbicidas	30
Extracción física, drenaje	30
Control Biológico	31
Manejo de las cuencas de agua y control integrado	32
<b>4. CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS</b>	<b>34</b>
<b>4.1 COMUNIDADES ACUÁTICAS</b>	<b>34</b>
<b>4.1.1 Comunidades lagunares</b>	<b>34</b>
<b>4.1.1.1 Comunidades lagunares con espejo de agua (Le)</b>	<b>34</b>
<b>4.1.1.2 Comunidades lagunares con abundante vegetación acuática (La)</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2 Componentes de una laguna</b>	<b>35</b>
<b>4.2 LAGUNA DE SONSO</b>	<b>36</b>
<b>4.2.1 Historia</b>	<b>36</b>
<b>4.2.2 Aspectos Jurídicos</b>	<b>37</b>
<b>4.2.3 Ubicación</b>	<b>38</b>
<b>4.2.4 Descripción del área</b>	<b>39</b>
<b>4.2.5 Calidad del Agua del Sistema Laguna de Sonso</b>	<b>40</b>

<b>4.2.5.1 Aspectos Físicos-Químico</b>	<b>40</b>
pH	40
Oxígeno Disuelto	40
Turbiedad	40
Nitrógeno y Fósforo Total	40
Conductividad eléctrica	41
<b>4.2.5.2 Eutroficación</b>	<b>42</b>
<b>4.2.5.3 Presencia de macrófitas acuáticas</b>	<b>43</b>
<b>4.2.5.3.1 Plantas emergentes</b>	<b>44</b>
<b>4.2.5.3.2 Plantas de hojas flotantes fijas al sustrato</b>	<b>44</b>
<b>4.2.5.3.3 Plantas sumergidas enraizadas en el sustrato</b>	<b>44</b>
<b>4.2.5.3.4 Plantas flotantes libres</b>	<b>44</b>
<b>4.2.6 Problemática ambiental generada por <i>Eichhornia crassipes</i> en la Laguna de Sonso</b>	<b>46</b>
<b>5. ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DEL BUCHÓN DE AGUA (<i>E. crassipes</i>)</b>	<b>55</b>
<b>5.1 EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES</b>	<b>55</b>
<b>5.1.1 Antecedentes</b>	<b>55</b>
<b>5.1.2 Características generales de las setas</b>	<b>59</b>
<b>5.2 METODOLOGÍA</b>	<b>62</b>
<b>5.2.1 Obtención y mantenimiento de cepas en el laboratorio</b>	<b>63</b>
<b>5.2.1.1 Medios de cultivo</b>	<b>63</b>
Agar con extracto de malta	64
<b>5.2.1.2 Obtención de cepas</b>	<b>65</b>
Aislamiento por medio de tejido	65

Aislamiento por medio de esporas	68
<b>5.2.1.3 Mantenimiento de las cepas</b>	<b>69</b>
<b>5.2.2 Elaboración de inóculo</b>	<b>69</b>
<b>5.2.3 Selección de sustratos</b>	<b>73</b>
<b>5.2.3.1 Tratamiento de los sustratos</b>	<b>74</b>
<i>Fermentación</i>	74
<i>Pasteurización</i>	75
- <i>Pasteurización con vapor</i>	75
- <i>Pasteurización por inmersión en agua caliente</i>	75
<b>5.2.4 Siembra y producción de las setas</b>	<b>75</b>
<b>5.2.4.1 Siembra</b>	<b>76</b>
<b>5.2.4.2 Incubación</b>	<b>77</b>
<b>5.2.4.3 Producción</b>	<b>78</b>
<b>5.2.5 Utilización del buchón de agua (<i>E. crassipes</i>) como sustrato para el cultivo de hongos comestibles</b>	<b>79</b>
<b>5.2.5.1 Adquisición del sustrato</b>	<b>79</b>
<b>5.2.5.2 Preparación del sustrato</b>	<b>79</b>
Secado	79
Picado	80
Análisis Bromatológico del sustrato	80
Formulaciones	80
Pasteurización	81
<b>5.2.5.3 Siembra y Producción</b>	<b>81</b>
Siembra	81
Desarrollo	82
Crecimiento y cosecha	82
Análisis Bromatológico de las setas	82

<b>5.2.6 Problemas en la preparación de medios de cultivo y de inóculo, en la siembra y cosecha de los hongos, contaminantes, plagas y enfermedades</b>	<b>82</b>
<i>En medios de cultivo</i>	82
<i>En aislamiento y conservación de sepa</i>	82
<i>En inóculo</i>	83
<i>En la siembra y cosecha</i>	83
<b>6. ANÁLISIS DEL TRABAJO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA UAO</b>	<b>86</b>
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>88</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>91</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>94</b>



## INDICE DE FIGURAS Y MAPAS

	Págs.
<b><u>FIGURAS</u></b>	
Fig. 1 <i>E. crassipes</i> en cuerpo de agua	21
Fig. 2 <i>E. crassipes</i> en Matera	21
Fig. 3 Estado adulto <i>Eichhornia crassipes</i>	23
Fig. 4 Flor de <i>E. crassipes</i>	24
Fig. 5 Componentes de una laguna de agua dulce	35
Fig. 6 Laguna de Sonso	36
Fig. 7 Valla de ubicación de la Reserva Natural Laguna de Sonso	37
Fig. 8 Hongo seta con sus partes principales	60
Fig. 9 Ciclo de vida de un hongo	61
Fig. 10 Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos	61
Fig. 11 Sepas utilizadas en los experimentos	62
Fig. 12 Metodología para el cultivo de hongos comestibles	63
Fig. 13 Pesado de los ingredientes	64
Fig. 14 Calentamiento de la Suspensión	64
Fig. 15 Olla de presión para esterilización	64
Fig. 16 Cámara de Flujo Laminar para cultivo de hongos en esterilidad	64
Fig. 17 Vertimiento en cajas de petri	65

<b>Fig. 18 Las Cajas de Petri se sellan con papel parafilm</b>	<b>65</b>
<b>Fig. 19 Fig. 20 Hongo en un medio de cultivo artificial (Cepa)</b>	<b>66</b>
<b>Fig. 20 Hongo apto para aislamiento</b>	<b>66</b>
<b>Fig. 21 Corte longitudinal del hongo con una navaja</b>	<b>66</b>
<b>Fig. 22 Fragmento de tejido en medio de cultivo</b>	<b>66</b>
<b>Fig. 23 Crecimiento micelial sobre la superficie del medio</b>	<b>67</b>
<b>Fig. 24 Incubación cajas de petri inoculadas</b>	<b>67</b>
<b>Fig. 25 Manera de obtener una esporada</b>	<b>68</b>
<b>Fig. 26 Dilución a partir de un fragmento de papel con esporas</b>	<b>69</b>
<b>Fig. 27 Semillas de gramíneas (sorgo, trigo)</b>	<b>70</b>
<b>Fig. 28 Forma de escurrir el exceso de agua</b>	<b>71</b>
<b>Fig. 29 Pesado y Esterilización del grano en bolsas plásticas</b>	<b>71</b>
<b>Fig. 30 Inoculación y sellado de bolsas con semilla</b>	<b>72</b>
<b>Fig. 31 Inóculo primario listo la elaboración del inóculo secundario</b>	<b>72</b>
<b>Fig. 32 Producción de inóculo Secundario a partir del inóculo primario</b>	<b>73</b>
<b>Fig. 33 Condiciones de incubación inóculo primario y secundario</b>	<b>73</b>
<b>Fig. 34 Inóculo secundario invadido por el micelio del hongo, listo para ser sembrado</b>	<b>73</b>
<b>Fig. 35 Sustrato (tamo de arroz)</b>	<b>74</b>
<b>Fig. 36 Pasteurización por inmersión en agua caliente</b>	<b>75</b>
<b>Fig. 37 Asepsia del área para la siembra</b>	<b>76</b>

<b>Fig. 38 Siembra del hongo seta en bolsas de plástico con paja de trigo en condiciones de asepsia</b>	<b>76</b>
<b>Fig. 39 Condiciones de incubación de las muestras sembradas</b>	<b>77</b>
<b>Fig. 40 Perforación de Bolsas</b>	<b>77</b>
<b>Fig. 41 Revisión de Bolsas</b>	<b>77</b>
<b>Fig. 42 Área de producción</b>	<b>78</b>
<b>Fig. 43 Aparición de Primordios</b>	<b>78</b>
<b>Fig. 44 Muestra contaminada por <i>Trichoderma</i> en forma de manchas verdes</b>	<b>84</b>
<b>Fig. 45 Contaminación causada por <i>Coprinus</i></b>	<b>84</b>
<b>Fig. 46 Muestras de <i>Pleurotus</i> en pulpa de café invadida por el moho verde <i>Trichoderma</i></b>	<b>84</b>
<b>Fig. 47 Muestra invadida por insectos</b>	<b>85</b>
<b>Fig. 48 Daño provocado por insectos en fructificaciones de hongo seta</b>	<b>85</b>

## **MAPAS**

<b>Mapa 1. Municipio de Guadalajara de Buga</b>	<b>38</b>
-------------------------------------------------	-----------

## INDICE DE TABLAS

	Págs.
Tabla 1. Características de las macrófitas	20
Tabla 2. Clasificación de macrófitas acuáticas según su hábitat	21
Tabla 3. Agentes para el control biológico de <i>E. crassipes</i>	33
Tabla 4. Variaciones de biomasa según época	45
Tabla 5. Relación de biomasa, nutrientes, factores ambientales y nivel de agua	45
Tabla 6. Análisis Bromatológico del Buchón de Agua	80
Tabla 7. Formulaciones – Porcentajes	81

## RESUMEN

El conocimiento de hongos es motivo de estudio para muchos investigadores, son una buena alternativa para suplir necesidades alimenticias y solucionar problemas ambientales ocasionados por disposición de residuos agroindustriales, contaminación ambiental y como posible controlador de especies invasoras como el Buchón de agua. Diferentes estudios permiten destacar su contenido nutricional, calidad proteica, atributos medicinales e importancia económica.

El buchón de agua (*Eichhornia crassipes*), también conocido como lirio de agua crece en zonas litorales de las lagunas y lagos tropicales, es considerada como una peligrosa maleza acuática por su habilidad de colonizar grandes áreas de agua en cortos espacios de tiempo (Mitchel y Thomas 1972).

La laguna de Sonso ubicada en el municipio de Buga esta siendo invadida por el Buchón de Agua; acelerando su desecación debido al aumento de transpiración que agota el oxígeno disuelto, por su estrecha relación con el río Cauca presenta una alta sedimentación y condiciones de eutroficación y contaminación.

El objetivo es conocer el Paquete Tecnológico del Cultivo de Hongos Comestibles para generar una propuesta de control del Buchón de Agua (*E. crassipes*) en la Laguna de Sonso que permita disminuir el impacto ambiental causado por este. Esta investigación se llevó a cabo en la Universidad Autónoma de Occidente realizando experimentos con mezclas de sustratos con tamo de arroz, leucaena, entre otros.

### **Palabras Claves:**

Buchón, Contaminación, Cultivo, Hongos, Control, Sustratos.

## ABSTRACT

The knowledge of fungi is a motive of study for many investigators, they are a good alternative for supply nourishing needs and to solve environmental problems caused by waste disposal agro industrial, environmental pollution and as control possible of invading species as the Water-Hyacinth. Different studies allow emphasizing their nutritional content, multifaceted quality, medicinal attributes and economic importance.

The water-Hyacinth (*Eichhornia crassipes*), also known as water iris grows in coastal zones of the lagoons and tropical lakes, is considered big areas of water to be a dangerous aquatic undergrowth by his skill of colonize in short lapses of time (Mitchel and Thomas 1972).

Sonso's lagoon located in the municipality of this Buga being invaded by the Water pouter-pigeon; accelerating her desiccation due to the increase of perspiration that exhausts the oxygen dissolved, for her narrow relation with the river Cauca it presents a high sedimentation and conditions of eutroficación and pollution.

The objective is to know the Technological Package of the Cultivation of Eatable Fungi to generate an offer of control of the Water pouter-pigeon (*E. crassipes*) in Sonso's Lagoon that allows diminishing the environmental impact caused by this one. This investigation removed to end in the Autonoma University of West realizing experiments with mixtures of substrates with fuzz of rice, leucaena, among others.

### **Key words:**

Water-Hyacinth, Pollution, Cultivation, Fungi, Control, Substrates

## INTRODUCCIÓN

Estudios limnológicos hechos a cuerpos de agua lénticos en Colombia, demuestran la importancia que tienen las lagunas para el equilibrio ecológico puesto que se interrelacionan con el ambiente terrestre, el acuático y el atmosférico desarrollando una rica variedad de nichos que hoy se ven afectados por razones como la proliferación de plantas acuáticas, entre ellas la *Eichhornia crassipes* de amplia consideración en los cuerpos de agua; estas infestaciones, provocan desequilibrio en los ecosistemas, manifestando pérdidas de volúmenes de agua por efecto de evapotranspiración, disminución de profundidad por eutrofización y disminución de la productividad pesquera.

La Laguna de Sonso presenta las características anteriores, siendo una de las más afectadas de la región. Esta que en un principio actuaba como sistema que reoxigenaba las aguas residuales de la población aledaña ha sufrido cambios que influyen negativamente sobre la misma comunidad y el ambiente; por ello, con el Grupo de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali se experimentó el cultivo de hongos comestibles, en la búsqueda de aprovechar mezclas de desechos como es el tamo de arroz y la maleza acuática buchón de agua, para conseguir a muy bajo costo un alimento de alto valor proteínico como son los hongos. De acuerdo con esto, el proyecto tiene como finalidad contribuir al conocimiento de alternativas para el manejo y disposición de esta maleza acuática.

Experiencias internacionales muestran que la capacidad reproductiva de la planta, su adaptabilidad, los requerimientos nutricionales y la resistencia a ambientes adversos la convierten en una especie imposible de erradicar y de control sumamente difícil. Se han probado una gran cantidad de métodos para dominar el crecimiento de esta maleza; los herbicidas, son usados con cierta frecuencia ya que proporcionan una herramienta de acción inmediata, si bien son costosos y pueden tener efectos tóxicos si no se aplican de acuerdo a las instrucciones.

Sin embargo, en casos de infestaciones severas son necesarias técnicas de amplia cobertura tales como control mecánico para reducir los niveles de infestación. Métodos como el control biológico aplicado en tiempo adecuado puede suplementar otros métodos de control de *E. crassipes*, asegurando un manejo sostenible de la maleza. El uso de un manejo integrado de *E. crassipes* ejecutado en tiempo oportuno y con técnicas adecuadas, y el establecimiento de

un programa de mantenimiento del control, asegurará la reducción de los niveles de infestación.

El presente trabajo no solo tiene la finalidad de dar a conocer de manera sencilla y práctica el proceso de cultivo de hongos comestibles; también, pretende ser una herramienta básica para los grupos de investigación y servir como referencia para personas e instituciones que estén interesadas en implementar esta propuesta como alternativa de control para el buchón de agua (*E. crassipes*).



## 1. JUSTIFICACIÓN

El crecimiento desmedido del buchón de agua o *Eichhornia crassipes* genera problemas en los ecosistemas acuáticos como la evapotranspiración, la interferencia de movimientos de lanchas con fines de recreación, transporte y pesca; también, impide el flujo en canales y ríos, evita la operación de la pesca comercial, crea condiciones de estancamiento de agua por acumulación de grandes cantidades de materia orgánica y evita la fotosíntesis debajo de densos cuerpos flotantes. Sin embargo, es importante aclarar que las plantas acuáticas constituyen una comunidad biológica significativa en el funcionamiento y productividad de los ecosistemas acuáticos; por consiguiente, no es necesario eliminar por completo el buchón de agua si se pueden adoptar medidas para su control.

Por esta razón hemos decidido proponer una alternativa de solución que permita mitigar los impactos generados en la Laguna de Sonso por medio de la implementación del cultivo de hongos comestibles *Pleurotus ostreatus*, haciendo uso del buchón de agua como sustrato para su desarrollo. Para muchos investigadores el conocimiento y aplicación de los hongos representa una buena alternativa no solo para suplir necesidades alimenticias sino también como solución a problemas ambientales ocasionados por disposición de residuos agroindustriales, contaminación ambiental y como controlador de especies que pueden volverse invasoras, en este caso el buchón de agua (*E. crassipes*). Dichos estudios permiten destacar el contenido nutricional de los hongos, su calidad proteica, su importancia económica y atributos medicinales.

Al utilizar los hongos comestibles para el mejoramiento del medio ambiente; por un lado, se aprovechan los materiales generados por la misma naturaleza y la actividad humana y por otro, se obtiene un producto alimenticio de alto valor nutricional.

Con los estudios realizados por los profesores del Grupo de Estudios Ambientales de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Occidente, Julio César Molina Bastidas, Julio César Montoya Villegas y Julio César Wilches Rodríguez y la propuesta que contiene este trabajo se espera que los pescadores, en especial de las lagunas, y los pequeños agricultores colombianos tengan un paquete tecnológico de fácil manejo para que aprendan a cultivar los hongos y al mismo tiempo, contribuyan a solucionar problemas ambientales y de disposición de desechos agroindustriales.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Conocer el paquete tecnológico del cultivo de hongos comestibles para generar una propuesta de control del buchón de agua en la Laguna de Sonso.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluación y análisis de la problemática que genera el buchón de agua en la Laguna de Sonso.
- Proponer una alternativa de solución encaminada a disminuir el impacto ambiental producido por el buchón de agua (*E. crassipes*).

### 3. PLANTAS VASCULARES MACROSCÓPICAS

#### 3.1 MACRÓFITAS ACUÁTICAS

3.1.1 Generalidades. La vegetación acuática de plantas vasculares macroscópicas conocidas como macrófitas acuáticas son todas las plantas superiores que crecen en el agua, especialmente a orillas de cuerpos de agua lénticos y lóticos, ya sea en la interfase de agua – aire, sobre la superficie del agua o totalmente sumergidas. Existe una confusión con los términos de macrófitas acuáticas y malezas acuáticas debido a que diversas especies de macrófitas tienden a desarrollarse en poblaciones excesivamente numerosas ocasionando problemas ecológicos y económicos en embalses, ciénagas y lagunas, así como en los sistemas de captación del agua. Dichas malezas acuáticas son tanto el resultado como la manifestación de eutroficación en el cuerpo de agua, ocasionada por el exceso de nutrientes incorporados a los sistemas por descargas de aguas residuales o por escurrimiento o aporte de cuencas principalmente<sup>1</sup>.

En Colombia existen aproximadamente 200 especies de macrófitas acuáticas y palustres, de las cuales pocas se consideran malezas. Se considera maleza cuando interfieren en actividades o reducen la viabilidad acuática; algunas especies de plantas acuáticas en Colombia como *Salvinia sp*, *Myriophyllum sp*, y *Altemanthera sp*, son de baja importancia como maleza, aunque para otros países representan un grave problema.

Las macrófitas acuáticas tienen facilidad de colonizar grandes extensiones y desarrollarse rápidamente por lo que son consideradas especies peligrosas; por ello, se han realizado estudios con respecto a su biología y ecología con el fin de clasificarlas (Bristow. Op. Cit 140p). En Colombia se han realizado estudios sobre macrófitas acuáticas, las especies como *Paspalum repeus sp*. y *Scirpus cubensis sp*. Son características de praderas flotantes pioneras, resisten las corrientes moderadas de agua y los cambios drásticos en el nivel de inundación<sup>2</sup>. Las zonas fluvio-lacustres se caracterizan por tener formaciones de pradera flotantes más consolidadas llegando a cubrir por completo el espejo de agua. La *Eichhornia crassipes* no es típica del sistema fluvial, su presencia obedece al desarrollo de

---

<sup>1</sup> BRISTOW J.M., J. CARDENAS, T.M. FULLERTON, J, SIERRA. Sf Malezas acuáticas. ICA. Santafé de Bogotá. P 3-4.

<sup>2</sup> ROLDAN G. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. 1992 529 p.

poblaciones en ciénagas y humedales que luego son llevadas por las corrientes de agua<sup>3</sup>.

En las tablas 1 y 2 se presenta una clasificación de las macrófitas propuesta por Roldán. Existen algunos factores que limitan el desarrollo, actividad y productividad de las macrófitas como son temperatura, luz y presión del agua, lo que causa modificaciones morfológicas como la disminución de la superficie foliar y radicular adventicia, el tamaño menor de las hojas y el grosor del tallo, entre otras. Otros factores que limitan el desarrollo de las macrófitas son la concentración de nutrientes, el tipo y características del sustrato y la presencia de organismos asociados que debilitan los tallos al efectuar perforaciones en estos con el objeto de obtener nutrientes o refugio<sup>4</sup>.

**Tabla 1. Características de las macrófitas**

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICAS
<b>Marginales</b>	Aquellas que crecen en las márgenes de los canales y los depósitos de agua
<b>Flotantes</b>	Las hojas se mantienen sobre la superficie del agua Las raíces pueden estar adheridas al fondo Toman los nutrientes del agua a través de la pared celular o por el sistema radicular desarrollado para este efecto Corresponde a esta clasificación <i>E. crassipes</i> que empieza su desarrollo en la zona litoral y va colonizando áreas abiertas de acuerdo con el grado de eutrofización de las aguas y <i>Lemna minuscula</i> se desarrolla en cuerpos de agua de poca corriente, generalmente asociado con otras macrófitas.
<b>Sumergidas</b>	Su ciclo vital se desarrolla totalmente dentro del agua Sus flores pueden estar sobre la superficie <i>E. crassipes</i> y <i>Polygonum portoricense</i> pueden incluirse en esta clasificación al permanecer dentro del agua.
<b>Emergentes</b>	Se desarrollan en áreas poco profundas Son enraizadas firmemente al sustrato Encima de la superficie del agua se encuentra la mayor parte de tallos y hojas No depende del agua para su soporte Algunas no son verdaderamente acuáticas pero presentan amplia tolerancia a condiciones de extrema humedad por periodos de tiempo prolongados. Se incluyen en esta categoría a <i>Ludwigia poligenumy</i> la mayoría de pastos acuáticos

**Fuente:** CEICOS. Monitoreo Limnológico del sistema acuático del entorno del complejo industrial de Barrancabermeja: informe para ECOPETROL.1994.170p.

<sup>3</sup> RESTREPO R, M. CARDEÑOSA. Eficiencia del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la remoción de cloruros. Ainsa. 18 p.

<sup>4</sup> CEICOS. Monitoreo limnológico del sistema acuático del entorno del complejo industrial de Barrancabermeja: informe para ECOPETROL. 1994. 170 p.

**Tabla 2. Clasificación de macrófitas acuáticas según su hábitat**

Grupo taxonómico	Género	Hábitat	Distribución
Pteridófita Barkeriaceae Salviniceae	Ceratoptens Salvinia	F F	Tropical – Subtropical Tropical
Monocotiledonea Poaceae	Panicum Leersia Hymenachre	E E E	Tropical – Subtropical Tropical – Subtropical Tropical – Subtropical
Lemnaceae Pontedenaceae	Lemna Eichhornia	F, E F,S	Tropical – Subtropical Tropical - Subtropical
Dicotiledonea Onagraceae Polygonaceae	Ludwigia Poligonum	E,F E	Tropical – Subtropical Tropical

E: Emergente

F: Flotante

S: Sumergida

**Fuente:** CEICOS. Monitoreo Limnológico del sistema acuático del entorno del complejo industrial de Barrancabermeja: informe para ECOPETROL.1994.170p.

### 3.2 *Eichhornia crassipes* ( Jacinto de Agua, Buchón de Agua o Lirio Acuático)

3.1.1 Distribución. La *Eichhornia crassipes* es una planta tropical, originaria de la cuenca alta del río Amazonas, en América del Sur; se ha distribuido prácticamente por todo el mundo, ya que su aspecto ornamental y el atractivo de sus flores originó su exportación a estanques y láminas acuáticas de jardines en climas templados y cálidos<sup>5 y 6</sup> (Figuras 1 y 2).

**Fig. 1** *E. crassipes* en cuerpo de agua



**Fig. 2** *E. crassipes* en maceta



**Fuente:** <http://www.iucn.org/> (Fig. 1); <http://www.ogrod.uj.edu.pl> (Fig. 2). Julio 2005

<sup>5</sup> BARRETT S.C.H. Waterweed Invasions. Scientific American. October of 1989 p 90-97.

<sup>6</sup>MARTINEZ JIMENEZ, Marcela. Progresos en el manejo del jacinto de agua (*E. crassipes*). Manejo de malezas para países en desarrollo (Addendum I) [en línea]. Departamento de agricultura. Depósito de documentos de la FAO. [Consultado en Septiembre de 2005]. Disponible en Internet: [www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.htm).

En sus áreas nativas en los neo-trópicos *E. crassipes* se ha convertido ocasionalmente en una maleza en las presas o cuerpos de agua naturales donde el régimen hidrológico se ha alterado por las actividades del hombre y/o el nivel de nutrientes en el agua se ha incrementado.

El jacinto de agua se reproduce vegetativamente mediante estolones, los cuales junto a las plantas aisladas, así como mantos a la deriva se distribuyen fácilmente por las corrientes de agua, el viento, los botes y las balsas. Sin embargo, en la mayor parte de sus áreas la planta también produce grandes cantidades de semilla de larga longevidad, y la persistencia y diseminación por este medio puede ser muy significativa<sup>7</sup>. El crecimiento está influenciado por los niveles de nutrientes en el agua, especialmente, los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio; el incremento, de estos elementos a menudo es causado porque una parte de los fertilizantes aplicados a las áreas agrícolas y de pastos alcanzan los cuerpos de agua a través de la escorrentía o de los drenajes agrícolas y a través de los efluentes urbanos e industriales.

Aún dentro de las áreas nativas del buchón de agua los cambios en el régimen hidrológico debidos, por ejemplo, a la construcción de presas y a incrementos en los niveles de nutrientes, han producido un crecimiento excesivo<sup>8</sup>. El buchón de agua no tolera agua salobre y la salinidad puede limitar o modificar su distribución<sup>9</sup>. Se acumula en lagunas costeras, durante períodos de lluvia se reduce en aquellas áreas que se convierten en salinas durante el período seco.

El medio ambiente ha sufrido a través de la eutroficación o pérdida de oxígeno del agua fresca debido a la descarga de efluentes de áreas urbanas e industriales, al incremento de la agricultura, la deforestación y la degradación general de las cuencas de agua. La velocidad actual de propagación del jacinto de agua parece ser mayor y está afectando seriamente el manejo de los recursos hídricos, la ecología, la conservación de la biodiversidad y el bienestar de las comunidades humanas ribereñas.

---

<sup>7</sup> SCULTHORPE C.D. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold (Publishers) Ltd, Londres. 1971. p 177 - 193.

<sup>8</sup> DONSELAAR J. van. Water y marsh plants in the artificial Brokopondo Lake (Surinam, S. America) during the first three years of its existence. *Acta Botánica Neerlandica* 1968. **17**: 183-196

<sup>9</sup> HOLM L.G., D.L. PLUCKNETT, J.V. PANCHO y J.P. HERBERGER. *The World's Worst Weeds. Distribution and Biology*. The University Press of Hawaii, Honolulu. 1977. pp. 25-31

### 3.2.2 Clasificación taxonómica<sup>10</sup>

**Reino:** Vegetal

**Subreino:** Embryophita

**División:** Spermatophita

**Subdivisión:** Magnoliophita (Angiospermae)

**Clase:** Liliatae (Monocotyledoneae)

**Orden:** Farinosae

**Familia:** Pontederiaceae

**Genero:** Eichhornia

**Especie:** *Eichhornia crassipes*; (Mart)

**Nombres vulgares:** Pato, Taruya, Jacinto de Agua, Buchón de Agua, Lirio de Agua, Violeta de Agua.

3.2.3 Características externas. Pertenece al grupo de las macrófitas acuáticas (planta vascular tolerante al agua) y forma parte de las malezas más colonizadoras del mundo, en ocasiones forma densos tapetes; es una de las plantas de mayor productividad donde se desarrolla una gran diversidad de microhábitats.

*E. crassipes* es una planta de flotación libre y se aferra con frecuencia al sustrato de las orillas o a tierras bajas en épocas de verano. En estado adulto se constituyen de raíces, rizomas, estolones, pecíolos, hojas, inflorescencias y frutos (Figura 3). Posee también un sistema radical en donde la raíz se origina de una raíz primaria que se ramifica en muchas raíces delgadas del mismo tamaño aproximadamente. Las plantas flotantes poseen una raíz de color púrpura debido a pigmentos disueltos en las vacuolas llamados antocianinas y presentan altos niveles de azúcares. Cuando la planta está arraigada la raíz es blanca, cuando flota la raíz es púrpura<sup>11</sup>.

**Fig. 3 Estado adulto *Eichhornia crassipes*.**



**Fuente:** Global Invasive Species Database. Consultada en Septiembre de 2005

<sup>10</sup>Global Invasive Species Database. *Eichhornia crassipes* (planta acuática) [En línea]. [Consultada en Septiembre de 2005]. Disponible en Internet: [www.invasivespecies.net/database-species-ecology\\_aspsi=70&fr=1&sts=sss](http://www.invasivespecies.net/database-species-ecology_aspsi=70&fr=1&sts=sss).

<sup>11</sup> OLVERA, V.V. Biología y ecología del lirio acuático. Control y aprovechamiento del lirio acuático en México. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. México 1989. p 9-19.

El tamaño de la raíz varía de 10cm a más de 1m y representa del 15 al 20% de la biomasa total de la planta, dependiendo de las características ambientales. El tallo es vegetativo y consiste en un solo eje cilíndrico con internodos cortos; en los numerosos nodos se producen todas las raíces, hojas, renuevos e inflorescencias de la planta.

Las elongaciones del tallo presentes entre nodos se denominan estolones cuando son superficiales y mandan hacia abajo raíces adventicias que producen nuevos tallos erectos. Cuando se trata de prolongaciones bajo el agua reciben en nombre de intervalos o rizomas, debido a que en estas condiciones ambos son verticales, pero ambas estructuras tiene diferentes funciones.

La inflorescencia de *E. crassipes* es una espiga que consta de dos a treinta y cinco flores, dependiendo del hábitat y tamaño de la planta, colocadas en espiral y sostenidas por un péndulo y dos brácteas axiales (Figura 4). Las flores individuales consisten en un hipantio de 17mm de largo que curva gradualmente fuera del raquis (base del cáliz modificada, que rodea el ovario), un perianto cuyo color es púrpura pálido, de tres sépalos separados y tres pétalos diferentes, seis estambres, tres cortos y tres largos de filamentos blancos y un pistilo (gineceo) con tres cavidades. El pistilo consiste en un ovario cónico, estilo largo y blanco y un estigma capitado que se sitúa en la mitad entre los dos grupos de anteras.

**Fig. 4 Flor de *E. crassipes***



**Fuente:** Global Invasive Species Database. 2005

El ovario se encuentra en una cápsula que se abre cuando madura dejando salir las semillas. El ovario puede producir 500 óvulos pero solo 50 semillas por cápsula; esta, requiere de 16 a 23 días para madurar abriéndose espontáneamente por presión de los tejidos internos. Las semillas son de 0.5 x 1mm de diámetro y de forma ovoide, en la mayoría de los casos se precipita al fondo donde permanece viable hasta 15 años sin llegar germinar, en tanto su germinación es favorecida por la temperatura de 36 a 38°C (Olvera, 1989. Op. Cit p 9-19).



3.2.4 Reproducción. *E. crassipes* puede reproducirse sexual o asexualmente, pero su colonización es principalmente por reproducción vegetativa produciendo estolones horizontales que desarrollan hojas arrosetadas de una yema terminal. Los estolones crecen hasta 30 cm de longitud antes de desarrollar una roseta hija; este proceso, se repite en las plantas hijas y cuando la planta crece rápidamente en condiciones ideales, se puede reproducir un inmenso número de plantas en corto tiempo, hasta duplicar la población en un periodo de 5 a 15 días (Olvera, 1989. Op. Cit p 9-19). Los tallos florecedores, a partir del centro de la roseta, producen una inflorescencia vistosa de flores azules/violetas, las cuales se convierten en cápsulas frutales cada una conteniendo hasta 400 semillas pequeñas.

La reproducción sexual es muy lenta, dura más de 5 meses, la luz desempeña un papel muy importante en la floración, tanto en cantidad como en calidad y la oscuridad es un prerrequisito para la floración normal y el equilibrio hormonal. Se ha investigado ampliamente y aunque se conoce mucho acerca de su biología, control y potencial de utilización, aún existen fallas significativas en nuestro conocimiento sobre esta planta<sup>12</sup>.

3.2.5 Ecología. *E. crassipes* posee una plataforma flotante sobre la que se establecen muchas plantas y en su sistema radicular se encuentra un microhábitat con gran diversidad de insectos inmaduros y microorganismos que desempeñan un papel importante en la comunidad. Su presencia acelera etapas sucesionales que generan grandes cambios en corto tiempo. *E. crassipes* no tolera temperaturas del agua mayores a 40°C, pues inhibe su crecimiento y muere, mientras que a temperaturas entre 28 y 30°C su crecimiento es mayor. Su contenido de agua es de 93 al 96%. La humedad varía en sus partes así: raíces 93.4%; rizomas 95.1%; pecíolo 93.9% y hojas 89.3% aproximadamente. *E. crassipes* muere cuando se extrae del agua y su peso puede bajar al 15% (Olvera, 1989. Op. Cit p 9-19).

*E. crassipes* tolera aguas con pH entre 4 y 10; sin embargo, el rango óptimo para su desarrollo y reproducción esta entre 6.2 y 7.6. Su máximo crecimiento se da a pH 7, se atrofia con pH entre 3 y 4, por encima de 12 la planta muere por falta de nutrientes esenciales que se precipitan. En investigaciones el sistema de *E. crassipes* tiende a regular el pH del agua, de ácido a alcalino o neutro, debido a la difusión de CO<sub>2</sub> y a la absorción de sales nutritivas. En cuanto a producción de biomasa esta es sumamente alta, llegando a ser 10 veces más productiva que algunas leguminosas. Se han encontrado valores de densidad hasta de 50kg/m<sup>2</sup>, con promedios de 100ton/ha/año y un crecimiento promedio de 40g/m<sup>2</sup>/día. Estos valores aumentan o disminuyen dependiendo de las condiciones fisicoquímicas y

---

<sup>12</sup> GOPAL B. y K.P. SHARMA. Water-Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) the most troublesome weed of the world. Hindasia, Delhi. 1981. p 15-27.

climáticas del sitio de estudio y de las características genéticas de la población de *E. crassipes* que se este investigando.

3.2.5.1 Composición química del agua. El crecimiento de *E. crassipes* es favorecido por el agua rica en nutrientes, en especial por el nitrógeno, el fósforo y el potasio, la habilidad de esta planta para absorber los nutrientes y otros elementos ha sido ampliamente investigada, la fijación de nitrógeno se presenta cuando la planta crece en aguas libres de este elemento. Puede ser significativa que una planta fijadora de nitrógeno como *Azotobacter chroococum* esté presente en las hojas de la planta en número considerable para los requerimientos de nitrógeno de *E. crassipes* (Olvera, 1989. Op. Cit p 9-19).

Además de estos elementos, toma calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, el aluminio, el boro, cobre, molibdeno y zinc. Su habilidad para extraer los nutrientes y los metales pesados puede ser explotada para tratar los efluentes de alcantarillados pasándolos a través de canales que contienen la planta. Para un tratamiento exitoso las plantas se tienen que mantener en crecimiento activo mediante la eliminación del exceso de estas. Sin embargo, el jacinto de agua nunca deberá introducirse en una región donde él no exista, pues el riesgo de crear un serio problema de maleza es muy grande. Con frecuencia las plantas acuáticas nativas se pueden usar eficientemente en el tratamiento de efluentes<sup>13</sup>. El contenido de oxígeno del agua es menor debajo del manto del buchón de agua y puede reducirse hasta cero, teniendo efectos catastróficos sobre los peces y otros animales acuáticos.

3.2.5.2 Evapotranspiración. Es inevitable que las hojas transpiren vapor de agua al aire cuando sus estomas están abiertos para permitir una absorción eficiente de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis, investigaciones han mostrado que en todo el mundo las pérdidas de agua por evapotranspiración a través de una cubierta de *E. crassipes* siempre es mayor que a partir de una superficie de agua descubierta. Sin embargo, las pérdidas por evapotranspiración varían grandemente debido a la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y las características de la infestación del jacinto de agua.

La magnitud de las pérdidas debidas a la evapotranspiración puede poner en peligro la viabilidad de los esquemas de suministro de agua, especialmente, en los períodos de sequía. Por ello, para la planta es importante conservar el equilibrio de agua en las hojas. Las partes de la planta que sirven para este fin son el xilema y la raíz; el primero, es el tejido a través del cual es transportada el agua por el

---

<sup>13</sup> HARLEY, K.L.S. *Survey of water hyacinth and other floating aquatic weeds in Guyana*, Unpublished report of a consultancy. Commonwealth Science Council, London. 1992. p 177 – 186.

cuerpo de la planta; la segunda, absorbe del medio en que se encuentra<sup>14</sup> (Sculthorpe D.C. 1971. Op. Cit. p 177-193).

3.2.6 Sedimentación, inundación y navegación. Los mantos de jacinto de agua pueden hacerse muy extensos y cubrir ríos, represas, canales, drenes y otras áreas húmedas. La reducción del flujo de agua causa aumentos de la sedimentación, esto reduce la profundidad del agua y ocasionalmente torna cuerpos de agua abiertos en pantanos poco profundos. En los canales de irrigación y zanjas de drenaje el flujo del agua se reduce muy por debajo de los niveles diseñados, impidiendo así la entrega del agua de riego y el drenaje de los campos. Durante períodos de alta precipitación se producen inundaciones y se dañan los canales, las represas también se obstaculizan y se sedimentan; se reduce su capacidad y vida útil, se afecta la pesca y la caza. Adicionalmente, las plantas arrastradas hacia las entradas de estaciones generadoras hidroeléctricas y obras cabeceras de irrigación pueden causar daños costosos y conducir al cierre por reparación de dichas instalaciones (Harley, 1992. Op. Cit).

Cuando los ríos se infestan intensamente se dificulta la navegación hasta hacerse imposible, los muelles o atracaderos de los ríos pueden quedar bloqueados y dañarse. Adicionalmente, las pérdidas de tiempo por reparaciones y mantenimiento complementario a las embarcaciones debido a la incidencia del jacinto de agua son muy costosas.

El jacinto de agua puede aumentar sustancialmente el nivel de las aguas de inundación, las plantas bloquean los canales naturales de drenaje y los construidos por el hombre, se acumulan con la corriente superior y represan con eficacia el agua. Como el drenaje normal queda obstaculizado, el agua puede inundar y erosionar los campos, entrar en edificios y poblados, dañar y provocar arrastres en carreteras y puentes.

3.2.7 Estilo de vida, salud y educación. En muchos países el estilo de vida de las comunidades humanas ribereñas está dictado por las características del cuerpo de agua. Con frecuencia el único medio de transporte es el bote y el cuerpo de agua es la única fuente de agua de beber, cocer y lavar, aparte que los componentes de la dieta se extraen también del mismo. Una fuerte infestación de jacinto de agua impide la navegación en canoas y aún en grandes botes motorizados. Esto impide ocasionalmente la asistencia de los niños a la escuela, visitas por atención médica, visitas a los mercados, entre otros. Además, los vectores de malaria, schistosomiasis, filariasis, encefalitis y otras enfermedades humanas y animales suelen aumentar, lo que causa un deterioro de la salud humana y pérdidas de

---

<sup>14</sup> RAY P.M.. La planta viviente. Continental. México. 1970. p165.

animales domésticos. Se ha afirmado que el organismo causal del cólera se concentra alrededor de las raíces del jacinto de agua (Harley, 1992. Op. Cit).

3.2.8 Pesca y alimentos. Las fuentes de alimentos frecuentemente sólo son accesibles a través del agua y muchas comunidades dependen en gran medida de los peces como fuente de alimento y como artículo de comercio. Por lo tanto, cuando un cuerpo de agua adyacente a una aldea o poblado está cubierto de jacinto de agua, la comunidad puede sufrir hambre, más aún, la reducción de los niveles de oxígeno debajo de un manto de jacinto de agua causa una alta mortalidad a las poblaciones de peces.

3.2.9 Fitoplancton. El fitoplancton requiere luz para su crecimiento. Por lo tanto, la sombra proyectada por el jacinto de agua puede inhibir el crecimiento del fitoplancton, lo cual, a su vez, reduce la densidad poblacional de zooplancton y se afecta la cadena alimenticia. Sin embargo, estos efectos de la sombra están dados por la intensidad luminosa, la duración del día, la turbidez, las velocidades del flujo y el nivel de nutrientes del agua.

3.2.10 Flora. El jacinto de agua interactúa con la vegetación nativa y puede reducir significativamente la densidad poblacional de especies individuales a través de la sombra que proyecta y la competencia por los recursos esenciales. Las plantas sumergidas y aquéllas de menor altura que el jacinto de agua son las más amenazadas, ya que están expuestas a recibir insuficiente luz para su fotosíntesis. La competencia prolongada por una población densa de jacinto de agua puede reducir la biodiversidad floral del cuerpo de agua.

3.2.11 Fauna. En un principio ofrece un excelente refugio para los peces protegiéndolos del sol excesivo, de las heladas y a los alevines del ataque de los benteveos (*Pitangus sulphuratus*). Sin embargo, una población densa de jacinto de agua afecta la fauna acuática directamente, a través de la reducción del contenido de oxígeno del agua, e indirectamente, a través de la reducción del fitoplancton y zooplancton, de las plantas alimenticias y de los lugares adecuados de reproducción. Los efectos sobre la flora y la fauna no han recibido el estudio que merecen. Sin embargo, existen muchos registros de muertes de peces a consecuencia de la reducción de los niveles de oxígeno. Aunque ciertas especies podrían favorecerse, en general, la infestación del jacinto de agua en un cuerpo de agua debe provocar una reducción de la biodiversidad (Harley, 1992. Op. Cit).

3.2.12 Usos. La enorme biomasa del jacinto de agua ha estimulado muchas pruebas para su utilización, pero esta tiene aplicación limitada en la fabricación de papel de pobre calidad, en la generación de biogás, para el tratamiento de efluentes y para producción de alguna artesanía. No existe duda alguna de que los

efectos dañinos del jacinto de agua sobrepasan sus beneficios. Aún una utilización máxima sólo eliminará una pequeña cantidad de la maleza y no contribuirá a una reducción sustancial de sus efectos dañinos. El mundo no puede tolerar el costo ambiental de no tratar el jacinto de agua como un problema extraordinariamente serio, el cual debe ser detenido y efectivamente controlado (Gopal B. y K.P. Sharma. 1981. p 15 -27. Op. Cit).

*E. crassipes* ha sido empleada ampliamente para el tratamiento de aguas residuales por su alta capacidad de remoción de macro y micronutrientes debido a su extenso sistema radicular, su crecimiento poblacional con altas de reproducción vegetativa y su capacidad para tolerar altas concentraciones de la mayoría de los contaminantes. Crece vigorosamente en aguas residuales domésticas donde el nitrógeno es limitante y puede eliminar grandes cantidades de nitrógeno y fósforo mediante su cosechamiento. La capacidad de remoción de *E. crassipes* depende directamente del área, tiempo de retención y profundidad del sistema por descontaminar<sup>15</sup>. En países como Brasil, México, EEUU, se utiliza en lagunas de estabilización como un sistema secundario de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales aprovechando su capacidad de acumular nitratos, fosfatos, fenoles y metales pesados, entre otros, como también regular el pH de las aguas en donde se encuentran (Olvera, V.V. 1989. OP. Cit. p 9-19)<sup>1617</sup>.

Una de las principales inquietudes para la utilización de *E. crassipes* es su empleo como forraje para algunos animales, pero debido a su baja proporción de material digerible (asimilable) lo hace poco utilizable para este campo; además, un 95% de su componente es aire y agua, lo que la hace poco rentable. Otra posible aplicación como fertilizante, haciendo pilar de compost aunque debido a su contenido de calcio y fósforo habría que considerar en que condiciones emplearlo. Así mismo, se ha pensado en carbonizar el buchón para obtener sales de potasio, procesarlo y obtener turba, aunque el proceso podría ser muy costoso debido a la poca cantidad de material aportado por la planta (95% aire y agua)<sup>18</sup>.

Se puede evitar cualquier conflicto de intereses entre los defensores de la utilización y los del control ilimitado mediante la aplicación de un esquema de

---

<sup>15</sup> LIMON L.G. 1984. Mexican agency studies aquatic weeds. *Aquaphyte*, Fall 1984, p 3.

<sup>16</sup> REDDY, R.R, EM, D'ANGELO. Biomasa Field and Nutrient Renoval by Water Hyacinth ( *Eichhornia crassipes*) as influenced by Hasvesting Frequency Biomass. England. 1990. p 27-42.

<sup>17</sup> ROJAS D. Empleo de plantas acuáticas en la depuración de aguas residuales Medellín. 1991. Trabajo de grado para optar al título de Químico. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias exactas y naturales. Departamento de química.

<sup>18</sup> SILVA M. Juan Carlos. Manejo de *Eicchornia crassipes* en un sistema léntico eutroficado. Caso ciénaga Miramar – Barrancabermeja. Santiago de Cali. Febrero de 1998. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo con énfasis en Biología Marina. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias naturales.

manejo de la maleza que permita la utilización en pequeña escala y el control paralelo de las infestaciones más problemáticas<sup>19</sup>.

### 3.2.13 Métodos de control

- Herbicidas. Sólo en pocas ocasiones se ha intentado el control mediante herbicidas de infestaciones grandes de jacinto de agua que crecen bajo condiciones favorables y aún cuando se han invertido enormes recursos, como en Sudan, este tratamiento ha tenido poco efecto. Sin embargo, este método ha sido exitoso para el control de infestaciones pequeñas, de fácil acceso por tierra o mediante botes<sup>2021</sup> y para erradicar infestaciones menores en regiones que son climáticamente desfavorables para el crecimiento de esta planta. Los herbicidas más comúnmente usados han sido 2, 4-D, aminotriazole y glifosato, siendo el primero el más extensamente usado, además de ser relativamente barato.

El control mediante herbicidas requiere de un alto insumo de mano de obra y equipos mecánicos, por lo que puede resultar costoso. La inspección sistemática unida al tratamiento debe realizarse indefinidamente para evitar la regeneración de la infestación a partir de plantas y semillas dispersas. Este compromiso a largo plazo es con frecuencia difícil de mantener y constituye un costo continuado (Martinez Jiménez, Marcela. FAO. 2005. Op. Cit). Existe también un costo ambiental en el uso de herbicidas. Los residuos de éstos en el agua y en los sedimentos pueden afectar el ambiente acuático y aniquilar los peces directamente o mediante la reducción de los niveles de oxígeno disuelto, como consecuencia de la descomposición de las malezas. Si los residuos son excesivos, el agua será inadecuada para consumo humano o para irrigación<sup>22</sup>. El ser humano cobra más conciencia de los efectos de la contaminación sobre el ambiente, sobre si mismo y sobre sus animales domésticos. Muchas comunidades no toleran más la contaminación de su medio por plaguicidas.

- Extracción física, drenaje. La extracción física tiene limitaciones obvias en su magnitud, además de que seguramente tendrán lugar reinfestaciones a partir de fragmentos de plantas y semillas. Sin embargo, este método es

---

<sup>19</sup> WRIGHT A.D. y T.D. Center. Biological control: Its place in the management of water hyacinth. En: G. Thyagarajan (Ed.). *Proceedings International Conference on Water Hyacinth*, February 1983, Hyderabad, India. UNEP, Nairobi. 1984. pp 793-802.

<sup>20</sup> SMITH L.W., R.E. WILLIAMS, M. SHAW y K.R. Green. A water hyacinth eradication campaign in New South Wales, Australia. En: G. Thyagarajan (Ed.). *Proceedings International Conference on Water Hyacinth, February 1983, Hyderabad, India*. UNEP, Nairobi. 1984. pp 925-935.

<sup>21</sup> JAMIESON G.I., C. KERSHAW y R.J. CIESIOLKA. Water hyacinth control on the lower Fitzroy River. *Journal Aquatic Plant Management*. 1977. **15**: 5-9.

<sup>22</sup> ANON. Guidelines for the use of Herbicides in or near Water. Department of Resources y Energy; Australian Water Resources Council. Australian Government Publishing Service, Canberra. 1985. p 81.

ambientalmente "seguro" y útil para reducir pequeñas infestaciones y para el mantenimiento de canales. Si la extracción física es el único método de control usado, entonces la demanda de recursos será interminable. La extracción física puede ser por vía manual, por dragado o mediante una máquina cosechadora especialmente diseñada.

El drenaje permanente para secar un estanque o lago controla el jacinto de agua (Smith L.W., R.E. Williams, M. Shaw Y K.R, 1984. Op. Cit. pp 925-935). Sin embargo, las semillas de la maleza poseen una larga longevidad<sup>23</sup>, por lo que si el área acumula de nuevo agua, las semillas podrán germinar y se producirá una reinfestación. El drenaje permanente puede ser un método efectivo de control en situaciones apropiadas donde la pérdida del agua no producirá inconvenientes a los poblados adyacentes de dejar sin agua a los animales domésticos, destruir una fuente local de alimentos (por ej. peces) o provocar otros efectos ambientales adversos.

- Control Biológico. La investigación sobre el control biológico del jacinto de agua comenzó en 1961 y los primeros agentes de control fueron liberados en EE.UU. alrededor de 10 años después (Perkins 1972, 1973). Actualmente se utilizan uno o más agentes de control en por lo menos 22 países (Julien 1992; LIMON 1984). Como consecuencia, el jacinto de agua se ha controlado en algunos países y las infestaciones se han reducido en otros.

Seis artrópodos y 3 hongos (Tabla 3) han contribuido al control biológico del jacinto de agua (Harley y Wright 1984; Julien 1992), pero las especies que han resultado más exitosas son dos picudos (gorgojos): *Neochettina bruchi* Hustache y *N. eichhorniae* Warner, y una polilla *Sameodes albiguttalis* (Warren). Sin embargo, no se ha logrado un control óptimo en todas las situaciones, por lo que se evalúan otros agentes.

La situación actual es que se han descubierto agentes de control biológico en las áreas nativas del jacinto de agua; así mismo, la investigación ha demostrado que estos agentes no pueden sobrevivir y reproducirse sobre ninguna otra planta, excepto sobre jacinto de agua, controlándola exitosamente en varios países. Esto significa que ya se disponen de agentes de control cabalmente investigados y comprobados. Estos agentes han sido extensamente utilizados y la experiencia muestra que se pueden introducir en nuevas regiones, sin riesgos para el cultivo o el ambiente. Los costos de la introducción en las nuevas regiones son relativamente bajos, pero los proyectos tienen que ser dirigidos por científicos

---

<sup>23</sup> MATTHEWS L.J., B.E. MANSON y B.T. COFFEY Longevity of waterhyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) seed in New Zealand. *Proceedings 6th Asian-Pacific Weed Science Conference of 1968*. 1977.1: 273-277

experimentados en el control biológico del jacinto de agua. Sin una dirección experta es probable que los proyectos fracasen y los escasos recursos se pierdan. El momento es excelente para un exitoso control biológico del jacinto de agua en la mayoría de las situaciones donde la planta resulte ser una maleza exótica<sup>24</sup>.

Los hongos *Acremonium zonatum* (Sawada) Gams y *Cercospora piaropi* Tharp (estrechamente relacionado con *C. rodmanii* Conway que se ha usado como agente de control en algunas situaciones en EE.UU.) parecen haberse diseminado por todo el mundo con el jacinto de agua y estos no deben ser normalmente introducidos como agentes de control biológico. Los síntomas generalmente son más evidentes en las hojas más viejas. Estos hongos por si solos no son especialmente dañinos, pero frecuentemente sus efectos se incrementan, sobre todo cuando las plantas están sometidas a stress por el ataque de insectos. El daño por el ácaro, *Orthogalumna terebrantis*, generalmente es más evidente sobre las hojas más viejas y este artrópodo es de dudoso valor como agente de control (Harley, 1992. Op. Cit).

- Manejo de las cuencas de agua y control integrado. La proliferación del jacinto de agua en su hábitat exótico está determinado principalmente por dos factores: el suministro de nutrientes y la ausencia de enemigos naturales de la maleza. Las estrategias de control serán completamente efectivas siempre que el manejo de las cuencas de agua como el control directo de la maleza sean bien dirigidos.

El manejo de las cuencas de agua puede tener efectos sobre los niveles de nutrientes de los ríos, lagos y otros cuerpos de agua, lo cual ya ha sido mencionado. Las cuencas de agua deben manejarse para controlar el jacinto de agua y otras malezas acuáticas flotantes, lo cual podrá ofrecer un nivel de vida aceptable y sostenible para la población que vive aledaña a la cuenca de agua, y para también conservar la ecología y la biodiversidad de la región<sup>2526</sup>.

El efecto de control que los enemigos naturales desarrollan sobre el jacinto de agua en su hábitat nativo, se restablece en el hábitat exótico a través del control biológico. La introducción agresiva del control biológico será el aspecto principal

---

<sup>24</sup> HARLEY K.L.S. y I.W. FORNO. Management of aquatic weeds. Biological control by means of arthropods. En: A.H. Pieterse y K.J. Murphy (Eds.), *Aquatic Weeds*, Oxford University Press, Oxford. 1989. p 177-186.

<sup>25</sup> HOWARD-WILLIAMS C. y K. THOMPSON The conservation and management of African wetlands. En: P. Denny (Ed.). *The Ecology and Management of African Wetland Vegetation*, W. Junk, Dordrecht. 1985.p 203-230.

<sup>26</sup> MITCHELL D.S. African aquatic weeds and their management. En: P. Denny (Ed), *The Ecology and Management of African Wetland Vegetation*, W. Junk, Dordrecht. 1985. p 177-202.



de una estrategia de control integrada, única vía que brindará un efecto económicamente sostenible, sin efectos colaterales adversos sobre la ecología, biodiversidad y también sobre la salud humana. Tal estrategia también incluirá la reducción del arrojado de nutrientes en el agua a través del manejo de la cuenca de agua y el uso de medidas de control a corto plazo, tales como el uso de los herbicidas, la extracción física y el drenaje en situaciones críticas. Se deben adoptar estrategias perfectamente formuladas como política de gobierno<sup>36</sup>.

**Tabla 3. Agentes para el control biológico de *E. Crassipes*.**

AGENTE	TIPO DE DAÑO
<b>INSECTOS</b>	
<b>CURCULIONIDAE</b>	
<i>Neochettina bruchi</i> Hustache	Los adultos se alimentan del follaje y los pecíolos, las larvas perforan los pecíolos y corolas.
<i>N. eichhorniae</i> Warner	Similar a <i>N. bruchi</i>
<b>PYRALIDAE</b>	
<i>Acigona infusella</i> (Walker)	Las larvas perforan en las láminas y pecíolos.
<i>Sameodes albiguttalis</i> (Warren)	Las larvas perforan en los pecíolos y yemas.
<b>NOCTUIDAE</b>	
<i>Bellura densa</i> (Walker)	Las larvas perforan en los pecíolos y corolas.
<b>ACAROS</b>	
<b>GALUMNIDAE</b>	
<i>Orthogalumna terebrantis</i> Wallwork	Los inmaduros perforan en las láminas.
<b>PATÓGENOS</b>	
<b>FUNGOSOSOS HIFOMICETOS</b>	
<i>Acremonium zonatum</i> (Sawada) Gams	Manchas zonales sobre las láminas
<i>Cercospora piaropi</i> Tharp	Manchas puntuales y clorosis sobre las láminas; necrosis de las láminas.
<i>C. rodmanii</i> Conway	Similar a <i>C. piaropi</i>

**Fuente:** HARLEY K.L.S. y I.W. FORNO. Management of aquatic weeds. Biological control by means of arthropods. En: A.H. Pieterse y K.J. Murphy (Eds.), *Aquatic Weeds*, Oxford University Press, Oxford. 1989. p 177-186

## 4 CUERPOS DE AGUA LÉNTICOS

### 4.1 COMUNIDADES ACUÁTICAS

Se reconocen dos grandes tipos de comunidades acuáticas: las comunidades lagunares (L) y las palustres (P), las cuales se diferencian básicamente por la vegetación que se desarrolla en ellas. Estos tipos de comunidades representan dos estados de la evolución de los cuerpos de agua lénticos<sup>27</sup>. En este caso es de mayor interés entrar a analizar las comunidades lagunares (L).

4.1.1 Comunidades lagunares. Son cuerpos de agua de poca profundidad, cerrados de carácter permanente. Debido a su poca profundidad no se encuentran plantas, ni animales verdaderamente límnicos y los organismos que las habitan son esencialmente litorales y bentónicos, no pudiéndose desarrollar una zonificación litoral<sup>37</sup>. Estas características permiten el desarrollo de asociaciones de plantas flotantes, sumergidas y emergentes, pudiendo encontrar además playones fangosos y/o arenosos libres de vegetación o con plantas no persistentes. La cobertura de la vegetación emergente es inferior al 40%. Se subdividen en:

4.1.1.1 Comunidades lagunares con espejo de agua (Le). Son cuerpos de agua en donde la vegetación flotante ocupa una superficie inferior al 40% por lo cual el espejo de agua se encuentra libre de vegetación en un 60% (Ibid p 9-10). Este tipo de humedal es muy importante para organismos tales como patos, águilas pescadoras, cormoranes y garzas que son nadadoras o pescadoras.

4.1.1.2 Comunidades lagunares con abundante vegetación acuática (La). Son lagunas en donde la vegetación acuática flotante cubre un 60% o más de la superficie (Laguna de Sonso). Entre las plantas vasculares flotantes más comunes están: *Eichhornia crassipes* (buchón de agua) y *Pistia striatotes* (lechuguilla); este tipo de laguna favorece la presencia de especies que requieren de vegetación acuática para desplazarse y anidar, como los gallitos de ciénaga.

---

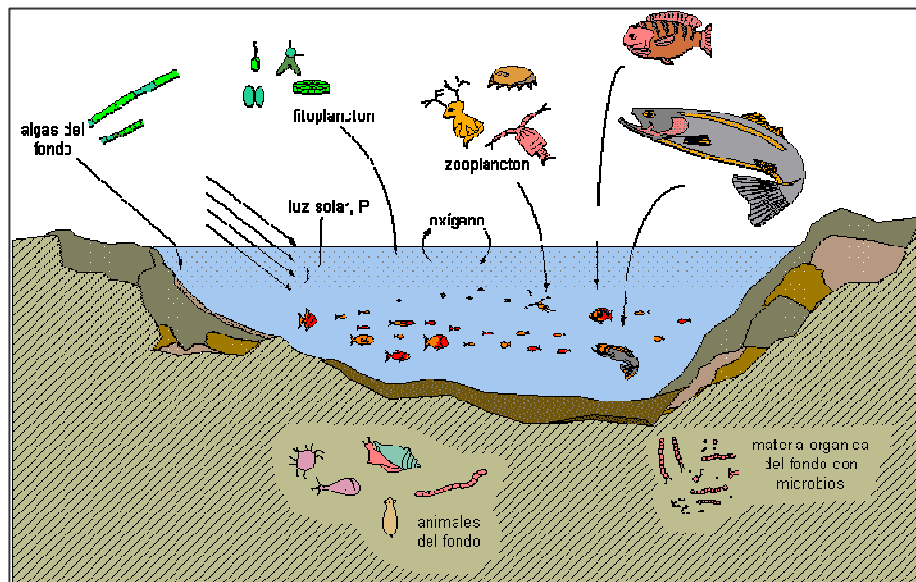
<sup>27</sup> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Grupo de Gestión Ambiental. Centro de datos para la conservación. Comparación de cobertura de bosques y humedales entre 1957 y 1986 con delimitación de las comunidades críticas en el Valle Geográfico del río Cauca. Cali, Diciembre de 1990. p 9-10.

Representan lagunas con un cierto grado de colmatación, debido principalmente al elevado aporte de nutrientes y baja tasa de recambio del agua y están condenadas a desaparecer si estas condiciones persisten, ya que el proceso de sucesión natural se verá acelerado.

4.1.2 Componentes de una laguna. Las lagunas contienen tres grupos de productores: fitoplancton (pequeñas algas suspendidas), plantas y algas bénticas (del fondo) (Figura 5). Algunas algas están adheridas a las hojas y tallos de las plantas. Los drenajes traen a la laguna de las áreas circundantes materia orgánica y nutrientes disueltos. El dióxido de carbono necesario para la fotosíntesis proviene del aire y de la descomposición de materia orgánica<sup>28</sup>.

En estos ecosistemas hay una gran variedad de pequeñas criaturas herbívoras que se alimentan de plantas y algas. Los peces (herbívoros y carnívoros) viven en lagos y lagunas que no se secan; los insectos, huevos de zooplancton, semillas de plantas, esporas de algas y microorganismos, e insectos voladores adultos son arrastrados a la laguna por corrientes de aire. Los pájaros y grandes predadores, como serpientes, vienen y van.

**Fig. 5 Componentes de una laguna de agua dulce**



Fuente: "Environmental Systems and Public Policy". 1988

<sup>28</sup> Copyright: H. T. Odum *et al.* "Environmental Systems and Public Policy". [En línea]. Ecological Economics Program. University of Florida, Gainesville 32611, USA. 1988 [Consultada en Agosto de 2005]. Disponible en internet: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/crc.htm>.

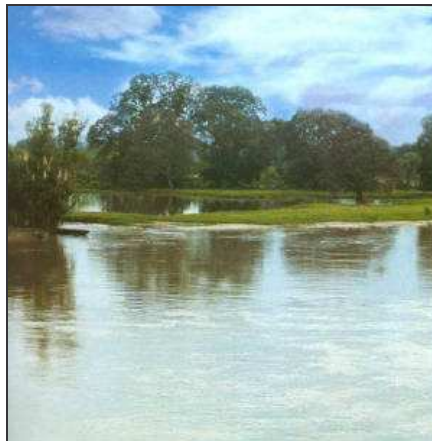
## 4.2 LAGUNA DE SONSO

4.2.1 Historia. Las extensas Lagunas y Ciénagas que en épocas pretéritas cubrieron la actual región del Valle del Cauca fueron desecadas en este último siglo, con el fin de integrar esas áreas a la producción agrícola. De todas esas hermosas áreas lacustres, hábitat de varias especies de aves, mamíferos, peces, reptiles, solo ha quedado la Laguna de Sonso o del Chircal como último testimonio de la antigua formación del Valle.

Durante siglos el río Cauca ha influido en la modelación del paisaje de su valle, inundando bajos o tierras de menor altura, dejando a su paso madre viejas o depositando materiales en sus diques naturales y en las épocas de grandes crecidas inundando extensas áreas<sup>29</sup> (Figura 6).

La Laguna de Sonso es el único ecosistema lagunar de extensión considerable que subsiste en el área de Jurisdicción de la Corporación Regional del Valle del Cauca - CVC. Es el vaso regulador del río Cauca, un sitio único de reposo para 100 especies de aves, algunas migratorias y refugio para la fauna en vía de extinción. Es considerado cuerpo léntico especial para el cumplimiento de etapas fundamentales en la reproducción de la ictiofauna del río Cauca, de ella derivan su sustento 120 familias de pescadores que habitan el área circundante<sup>30</sup>.

**Fig. 6 Laguna de Sonso**



**Fuente:** <http://lagunasonso.tripod.com/index.html> consultada en Julio de 2005

<sup>29</sup> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. OGAT Centro Sur [En línea]. Instituto de Piscicultura Buga. [Consultada en Julio de 2005]. Disponible en internet: <http://lagunasonso.tripod.com/index.html>.

<sup>30</sup> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. OGAT Centro Sur Proceso 2. Subdirección de Recursos Naturales. División de Cuencas Hidrográficas. Sección Conservación y Control. Manejo de áreas protegidas. Reserva Natural Laguna de Sonso. Palmira. Septiembre de 1990. p 2 – 4.

4.2.2 Aspectos Jurídicos<sup>31</sup> . A partir del año 1956, aparecen una serie de normas de diferente tipo que permiten dar piso jurídico a lo que hoy se conoce como Reserva Natural Laguna de Sonso; con el decreto No. 347 de mayo de 1956 el código de los recursos Naturales dice: “Quedan vedadas permanentemente para la caza, las siguientes zonas de carreteras y lagunas: Laguna de Sonso del Chircal, y por consiguiente se considera esta como refugio permanente para aves acuáticas. Ha sido manejada por la Corporación Regional del Valle del Cauca – CVC, desde 1968.

Mediante el Acuerdo CVC No 17, de Octubre de 1978 se decreta como ZONA DE RESERVA NATURAL (Figura 7). Se reglamenta la utilización del suelo, agua y espacio aéreo, mediante el Acuerdo CVC No 16, de Mayo de 1979. Esto quiere decir que simultáneamente a lo establecido por el Código de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, la Reserva tiene además su propia reglamentación. En 1986 se conforma el Comité técnico Laguna de Sonso CVC.

**Fig. 7 Valla de ubicación de la Reserva Natural Laguna de Sonso**



Fuente: <http://lagunasonso.tripod.com/index.html> Consultada Julio de 2005.

En el año de 1992 se formula el primer Plan de Manejo de la Laguna de Sonso 1993-1997 por los profesionales Fernández J. F, Quinceno, C. A. En 1998 se realiza el “Estudio Hidrobiológico de la Laguna de Sonso” dentro del convenio CVC, Universidad del Valle (CIREN) No. 012 de 1998.

Finalmente en junio de 2001 se formalizó el Convenio Interinstitucional No. 020-01, entre: Gobernación del Valle del Cauca, Universidad del Valle, Municipio Guadalajara de Buga, Cámara de Comercio; Agua de Sonso y la CVC, cuyo objetivo es “Concertar, planificar y ejecutar actividades de cooperación

<sup>31</sup>FAJARDO H. Supertino. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección regional Centro Evaluación Socioeconómica del proyecto Manejo Sostenible de la Reserva Natural Laguna de Sonso. Centro de Educación Ambiental Buitre de Ciénaga. Programa Conservación y Restauración del la biodiversidad. Buga Marzo de 2002. p 42.

interinstitucional, que hagan eficiente y eficaz, el cumplimiento de funciones propias de cada una de las partes dentro del territorio de la Reserva Natural Laguna de Sonso para lograr la preservación de su oferta ambiental en un marco de desarrollo humano sostenible.

#### 4.2.3 Ubicación

**Mapa 1. Municipio de Guadalajara de Buga**



Fuente: <http://lagunasonso.tripod.com/index.html>. Consultada en Julio de 2005.

La Reserva Natural de Sonso esta ubicada en la planicie aluvial del valle Geográfico del río Cauca, en la margen oriental del mismo, en jurisdicción de los municipios de Buga, Yotoco y Guacara en el departamento del Valle del Cauca (Mapa 1). Su altura sobre el nivel del mar es de 935m y sus coordenadas son 3° 52` N y 76° 21 W. El perímetro de la laguna a una cota de 935.5m es de 27.6 km, con un largo y ancho máximo de 6 y 2 Km. Respectivamente. Como zona Reserva Natural la Laguna de Sonso posee 2045 has de las cuales, 745 comprenden espejo lagunar y 1300 has como zona amortiguadora que comprende los 24 predios colindantes. Esta definida la zona del espejo lagunar por la cota número 37 que delimita la propiedad del Estado con la particular<sup>32</sup>.

<sup>32</sup> RAMIREZ, Libardo. Jefe proyecto Laguna de Sonso. Memoria del Proyecto de la Reserva Natural de la Laguna de Sonso. Informe CVC # 73-4. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Marzo 16 de 1973. p 1.

4.2.4 Descripción del área<sup>33</sup>. La topografía de la reserva es plana con suelos cuaternarios, hay acumulaciones de sedimentos aportados por el río Cauca y de los cauces provenientes de las cordilleras, así mismo, hay tres antiguos lechos del río Cauca conocidos como madre viejas en diferentes estados de sucesión ecológica. Los suelos son en un 30% pantanosos, de textura pesada, lo que hace que su uso sea restringido debido a su permanente humedad. La zona susceptible a inundaciones periódicas ocupa un 34% de la reserva y por tener mejores condiciones de drenaje, permite actividades agropecuarias durante los meses secos.

La precipitación media anual es de 1300mm con dos períodos lluviosos en febrero-mayo y octubre-noviembre. La temperatura promedio es de 23°C y la humedad relativa es del 60%.

La laguna recibe aportes de agua del río Cauca en las crecidas, inundando desde la parte sur por un canal artificial de 1.5km que comunica en la parte norte del río con la laguna. También recibe aportes de aguas lluvias por escurrimiento de las quebradas “Seca” y el “Vinculo” y por varios canales que recogen excedentes de riego de los ríos Guadalajara y Sonso.

Esta comunidad lagunar juega un papel valioso como soporte de diversas formas biológicas, refugio de fauna, sitio de paso de aves migratorias, posee pesca y recursos silvestres a la población local y a la vez mantiene un sistema hidrológico natural.

Alberga mas de un centenar de especies de aves, algunas de las cuales dependen estrictamente de hábitats acuáticos, otras son especies ya muy raras en el Valle Geográfico con poblaciones críticas como en el caso de *Anhinga anhinga* (pato aguja), *Anhima corneta* (buitre de ciénaga), *Sarkidiornis malnotos* (pato brasilero) y *Botaurus pinnatus* (garza), entre otras.

La laguna colinda con 23 predios dedicados a actividades agropecuarias y en total son 42 predios dentro del área de reserva. Existen 15 familias en la parte noroccidental de la laguna que han invadido terrenos particulares y los bordes de la antigua carretera a Guacari. Solo hay dos casas en buen estado y con servicios de agua y energía eléctrica, el resto de las construcciones son de carácter tugurial y no hay servicio de alcantarillado.

---

<sup>33</sup> FERNÁNDEZ, Juan, QUINCENO, Carlos. Plan de Manejo de la Laguna de Sonso años 1993-1997. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Centro de Datos para la Conservación. Cali, Diciembre de 1992. p 1-6.

4.2.5 Calidad del Agua del Sistema Laguna de Sonso. Para evaluar la calidad del agua del sistema laguna de Sonso, la CVC a través de la Sección Control de la Contaminación ha realizado desde el segundo semestre de 1987 muestreos y monitoreos periódicos en la laguna y sus afluentes. Dichos muestreos y análisis de laboratorio tuvieron como guía el “Standar Methods Ford The Examination of Water and Waste Water Awwa. Los resultados de los diferentes análisis realizados por la CVC fueron:

#### 4.2.5.1 Aspectos Físicos-Químicos

- pH: Las fluctuaciones de pH observadas durante los diferentes muestreos llevados a cabo por la CVC están condicionados a la calidad del río Cauca, afluentes, fotosíntesis y respiración de macrófitas y algas acuáticas. Los análisis de pH realizados durante 1988 a 1990 muestran que durante la permanencia de las aguas en la laguna el pH aumenta hasta 8.5 unidades este aspecto parece estar ligado a la fotosíntesis; tal situación, se refleja en los períodos donde los caudales son menores de 250 m<sup>3</sup>/sg, el pH en la zona norte es ligeramente menor entre 7.9 y 8.2 unidades; cuando se presentan altos caudales en el río los pHs encontrados en la zona norte son similares a los del río (7.0 ya 7.5 unidades)<sup>34</sup>.
- Oxígeno Disuelto. En los caudales altos del río, el O.D. en la zona norte tiene valores similares a los del río que son alrededor de 2.0mg/l, en el centro y sur de la laguna aumenta hasta 6.0mg/l por efecto de reaeración. En los caudales medios, el O.D. en la zona norte (4 a 5.0mg/l) se presenta mayor al del río (1 a 2.0mg/l) y en el sur el O.D. alcanza hasta 6.0mg/l como en el caso anterior. El aumento en el O.D. se debe a la aireación natural (atmosférico y por fotosíntesis). Entre tanto en los caudales bajos por competencia entre reaeración y consumo se presentan los menores niveles de O.D. en toda la laguna<sup>43</sup>.
- Turbiedad. Cuando los niveles son bajos, la turbiedad es similar en las tres zonas de la laguna, esto es debido al efecto de sedimentación. Cuando los caudales son mayores, la turbiedad en zona en la zona norte aumenta pero en la sur permanece baja, esto se debe a que las zonas norte y centro actúan como zonas de sedimentación<sup>43</sup>.
- Nitrógeno y Fósforo Total. Ambos elementos no presentan diferencias significativas en las diferentes zonas de la laguna. En general se observan menores niveles de fósforo total en la laguna (0.1 a 0.2mg/l) que el río (0.3 a 0.3mg/l)<sup>43</sup>.

---

<sup>34</sup> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Grupo de Gestión Ambiental. Estudio de Impacto Ambiental al Proyecto de Dragado y Disposición Final de los Lodos de la Laguna de Sonso. Cali, Octubre de 1991. p 5 – 10.



- Conductividad eléctrica. Este es el parámetro que mejor representa la influencia de los niveles del Cauca en la laguna, a menores caudales mayor conductividad eléctrica hay en los tres sectores<sup>44</sup>.

En mayo de 1988 se realizó un análisis de la situación del cuerpo de agua en el cual, se encontró que la Laguna de Sonso almacena los excedentes de agua del río Cauca y en épocas de sequía el agua fluye en sentido contrario alimentando en esta forma el caudal del río, así el cuerpo lagunar se ve enriquecido por la ictiofauna que entra y encuentra un lugar apropiado para su crecimiento (condiciones fisicoquímicas del agua)<sup>35</sup>. La calidad de las aguas en la laguna, parece estar incidiendo en la composición de las comunidades biológicas presentes en la misma. Desde el punto de vista biológico los niveles de oxígeno y el aporte de materia orgánica en el sistema son factores determinantes para el desarrollo de los ciclos vitales de los organismos. Los niveles de oxígeno disuelto presentan fluctuaciones en la época de invierno debido a la entrada de agua del río Cauca, variando además a lo largo de la laguna. Los valores altos de oxígeno (7.2mg/Ltmáx), en verano están relacionados con una abundancia relativa de fitoplancton a través de su actividad fotosintética en toda la columna de agua. Otro aspecto que incide en las condiciones de vida de los organismos es el aporte de materia orgánica al sistema por medio de fuentes alóctonas como son los sedimentos de origen orgánico del río Cauca y la alta cantidad de coniformes registrada y la producción misma del sistema (buchón de agua y descomposición de los organismos planctónicos). Los valores altos de materia orgánica están relacionados con la entrada de agua del río a la laguna.

Las comunidades biológicas encontradas hasta el momento en la laguna muestran una relación estrecha con las condiciones de vida expuestas y son indicadores del deterioro de la calidad de agua de un sistema (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 1988. Op. Cit p 4, 21-23, 42); por lo tanto, se asume una distrofia del sistema que se refleja en un alto contenido de materia orgánica (aporte de coniformes y sedimentos ricos en materia orgánica), en niveles críticos de oxígeno que se acentúan en la época de invierno y con la entrada de agua del río Cauca. Así mismo, la alteración del proceso normal de transformación de los nutrientes (nitratos y fosfatos) y la simplificación de las comunidades, baja diversidad relativa y dominancia de algunos grupos de especies indicadoras de las condiciones de vida (calidad del agua).

La calidad del agua de la laguna se ve afectada por diferentes factores como son la geología, el tipo, uso actual y potencial de los suelos, balance hídrico (proporciones de entrada y salida de flujos y la capacidad de almacenamiento), la

---

<sup>35</sup> Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Evaluación de la Situación Actual de la Laguna de Sonso. Cali. Mayo de 1988. p 4, 21-23, 42.

calidad de agua de los tributarios y el río Cauca como también la actividad humana alrededor y cerca de la laguna.

4.2.5.2 Eutroficación. Estudios de calidad de agua realizados en la laguna de Sonso coinciden en definir este ecosistema como un lago eutrófico dada la abundancia de nutrientes que posee como consecuencia de los aportes de origen aloctono. Aunque en términos generales la abundancia de nutrientes correspondería a una productividad alta, la presencia de minerales de arcillas y óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio, pueden llevar a la formación compuestos poco solubles que se precipitan en el lodo del fondo atrapando los fosfatos, determinando así la baja productividad de algas (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 1988. Op. Cit. p 4, 21-23, 42)<sup>36</sup>. El estudio “Cambios de la biomasa de la vegetación acuática flotante de la laguna de Sonso” realizado por Fernández J. en 1990, parece confirmar la ausencia de fosfatos a pesar de que la densidad de crecimiento de esta macrófita tenga una relación inversa respecto a la disponibilidad de fosfatos en el medio acuático estudiado.

La asimilación de este tipo de nutrientes por parte de *Eichhornia crassipes* podría verificarse como acción a la rápida captura de los fosfatos observados en los procesos de descomposición anaeróbica en los periodos de aguas bajas por medio del sistema radicular de la planta, el cual puede llevar a cabo con mayor facilidad este objetivo dada la poca profundidad de la laguna (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, 1988. Op. Cit p 4, 21-23, 42).

Según A.A. Rocha en 1991, consultor de la OPS (Organización Panamericana de la Salud) el sistema laguna de Sonso es eutrófico en aguas altas, e hipertrófico en aguas bajas en razón a una mayor acumulación de los nutrientes.

La eutroficación según concepto de Edmanson 1974, se define como un aumento en la entrada de nutrientes que puede ser artificial si se debe a actividades del hombre, o natural si el aumento es debido a procesos ajenos al hombre tales como un incendio forestal fortuito. Una de las características que determinan un ecosistema lagunar eutrófico radica en la poca diversidad de especies bentónicas en razón a la ruptura en el equilibrio de nutrientes del sistema. Esta definición se confirma en el “Estudio limnológico de la laguna de Sonso” hecho por Ruiz P. Peña E en 1988 y las observaciones de campo del consultor A.A. Rocha en 1991. Edmanson afirma que un lago se puede volver mas productivo con el tiempo, efecto debido a la disminución de profundidad, que afecta al modo en que el lago convierte nutrientes en organismos mas que a un aumento de la entrada de

---

<sup>36</sup> VIÑA, G.R. RESTREPO, J. MOJICA. El bentos y los organismos asociados a macrófitas en ecosistemas de planos de inundación. Segundo Seminario Nacional de Limnología. Asociación Colombiana de Limnología. 1994. p 51-60

nutrientes (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. 1991. Op. Cit. p 5 – 10).

De los nutrientes responsables del proceso de eutroficación (N-P) el fósforo es considerado como factor limitante para el crecimiento de algas y vegetales acuáticos. Las principales fuentes generadoras de nutrientes incluyen las actividades agropecuarias, industriales, población urbana y rural.

La modificación en el régimen hidrológico de la laguna al igual que el progresivo proceso de colmatación está afectando las dinámicas de las corrientes en su interior, ocasionando menores profundidades de agua y velocidades mas bajas. Esta alteración en la hidrodinámica de la laguna esta originando a su vez un impacto en la calidad del agua y su estado trófico. La evaluación del estado trófico de la Laguna de Sonso de acuerdo a la metodología propuesta por Salas y Martino (1990) y Carlson (1984) durante el periodo de 1985 – 2002 indica que la laguna no cumple con los requisitos de preservación de flora y fauna de acuerdo con el decreto 1594 de 1984 y se encuentra en un avanzado estado de eutrofización, siendo este ecosistema limitado por fósforo.

De los efectos que produce la eutroficación en los ecosistemas acuáticos como son la disminución de la diversidad de especies y cambio de la biota dominante, aumento de la biomasa vegetal y animal, aumento del grado de sedimentación acortando el periodo de vida del lago, anoxia del ecosistema, además, se puede concluir que los cuatro están presentes en el sistema lagunar de Sonso.

El desarrollo de asentamientos humanos provoca la descarga de enormes cantidades de aguas residuales, residuos de agricultura y escombros de carreteras a los lagos, lagunas y ríos. Con estas condiciones de riqueza de nutrientes, nuevas especies de plantas toman ventaja de las oportunidades. La introducción de plantas exóticas, como los jacintos de agua y las aquileas asiáticas, se extiende donde quiera que las condiciones nutritivas sean exageradas. Estas plantas han sido tratadas como pestes: bloquean el movimiento de los botes e interfieren con la pesca y otras actividades recreativas. En aguas más profundas, la acumulación de materia orgánica se hace tan pesada que en climas nublados se consume mucho oxígeno y se da una matanza de peces<sup>37</sup>.

4.2.5.3 Presencia de macrófitas acuáticas. En septiembre de 1988 se llevo a acabo el estudio de macrófitas acuáticas<sup>38</sup>; dicho estudio tuvo como objetivo aumentar el conocimiento biológico del ecosistema de la laguna de Sonso,

---

<sup>37</sup> RYDING, S y RAST, W. (Eds.). El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid y UNESCO, París. 1992. p 215.

<sup>38</sup> FERNÁNDEZ, Juan. Estudio de los cambios de biomasa de la vegetación acuática flotante de la laguna de Sonso.1990. p 25.

haciendo énfasis en *E. crassipes*, con relación a ciertos factores ambientales (nitratos y fosfatos del agua, nivel y precipitación), y hacer observaciones complementarias de la importancia de esta vegetación para la fauna de la laguna. La vegetación acuática de Sonso puede clasificarse con base en su morfología y fisiología así:

4.2.5.3.1 Plantas emergentes. En este grupo esta comprendida la vegetación que rodea la laguna con raíces en el suelo inundado o en suelo con la capa freática muy superficial. En este grupo muy amplio taxonómicamente predominan las gramíneas; de igual forma son muy frecuentes manchas de *Cyperus spp* (Cyperaceae), *Polygonum densiglorum*, *P. hispidum* y *P. punctatum* (Polygonaceae), *Hendirá fluctuans* (Compositae), *Hydrocotyle umbellata* (Umbelliferae) *ludwigia spp* (Onagraceae) y el helecho *Ceratopteris aff. Pteritiodes* (Parkeriaceae). Entre las perennes hay plantas rizomatosas como *Typhia sp.* (Typhaceae) y *Thalia geniculata* (Marantaceae); manchas casi puras *Sphenoclea zeylanica* (campanulaceae) son comunes creciendo hasta el borde mismo del agua en la época después del invierno cuando la laguna retrocede. También rodean la laguna arbustos de *Mimosa pigra* (Mimosaceae) y *Aeshynomene ciliata* (Fabaceae).

4.2.5.3.2 Plantas de hojas flotantes fijas al sustrato. En este grupo solo se han encontrado una especie, se trata de *Nymphoides humboldtianum* (Menyanthaceae) la cual es muy escasa en Sonso.

4.2.5.3.3 Plantas sumergidas enraizadas en el sustrato. Este tipo de planta no se ha encontrado desarrollada en la laguna. Solo ocasionalmente se han encontrado pedazos de *Elodea sp.* (hydrocharitaceae) de no mas de 10cm de largo cerca de las superficies sobre las raíces del buchón, tal vez la alta turbidez de la laguna limite su crecimiento.

4.2.5.3.4 Plantas flotantes libres. En este grupo se incluyen las “malezas acuáticas”. Tal como el buchón (*Eichhornia crassipes*) y *pistia stratiotes* conocida como lechuguilla. Menos frecuente se encuentra *Utricularia foliosa*, las lemnáceas y los helechos *Salvinia sp.* Y *Azolla filiculoides*, estas se hallan sobre las raíces de la *Eichhornia* pero no presentan crecimientos desmedidos como malezas.

La especie dominante (*E. crassipes*) presenta un rango de biomasa seca de 816.3 – 1374.5 g/m<sup>2</sup> no presentando variaciones significativas entre las zonas de la laguna, sino de una época a otra (tablas 4 y 5). En cuanto a la ecología de los otros macrófitos acuáticos ya citados estos representan colonizaciones de la vegetación marginal que aprovechan las condiciones formadas por *E. crassipes* (buchón). Así mismo se obtuvieron pesos promedios de biomasa seca que fueron:

**Tabla 4. Variaciones de biomasa según época**

<b>FECHA</b>	Sp27/88	Oc18/88	Nv9/88	Fb9/88	Fb21/89	
<b>M<sup>2</sup></b>	892.3	928.2	1046.5	1024.7	897.2	
<b>FECHA</b>	My16/89	Jn7/89	En16/90	Fb/20/90	Mz27/90	Ab18/90
<b>M<sup>2</sup></b>	1084.3	1309.4	816.3	985.9	1374.5	1366.0

**Fuente:** Estudio de los cambios de biomasa de la vegetación acuática flotante de la laguna de Sonso. 1990

Estos datos muestran que el buchón tiene una gran variabilidad de biomasa por unidad de área. El análisis de correlación sugiere que en épocas de aguas bajas y menor pluviosidad, se presenta la mayor biomasa posiblemente por la hipertrofia del sistema y un mayor brillo solar.

Igualmente se encontraron datos con respecto a la relación de los nutrientes, factores ambientales, nivel de la laguna y biomasa (tabla 6), teniendo como resultado que la vegetación incide sobre los nutrientes del agua, ya que el mayor desarrollo se encontró en general correlacionado con menos fosfatos y nitratos libres en el agua. Es probable que la úrea, derivada de los cultivos cercanos, este promoviendo el crecimiento de estas plantas.

**Tabla 5. Relación de biomasa, nutrientes, factores ambientales y nivel de agua. Las fechas corresponden a las tablas 4 y 5.**

<b>Biomasa (g/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nitratos (mg/l)</b>	<b>Fosfatos (mg/l)</b>	<b>Nivel (m)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
892.3	0.025	0.047	1.30	163
928.2	0.073	0.064	1.41	129
1046.5	0.145	0.034	1.50	222
1024.7	0.050	0.014	2.24	52
897.2	0.017	0.031	2.50	52
1084.3	0.037	0.000	1.76	93
1309.4	0.042	0.010	0.97	73
816.3	0.021	0.000	1.62	86
985.9	0.008	0.004	1.58	99
1374.5	0.006	0.001	1.61	74
1366.0	0.003	0.004	1.40	147

**Fuente:** Estudio de los cambios de biomasa de la vegetación acuática flotante de la laguna de Sonso. 1990

4.2.6 Problemática ambiental generada por *Eichhornia crassipes* en la Laguna de Sonso. Según información brindada por el señor Carlos Arturo Restrepo Funcionario de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca de Buga y encargado del La Laguna de Sonso la problemática que tiene la laguna con el buchón de agua, la proliferación de esta maleza viene desde los años de 1950 con la explotación de la actividad agropecuaria, el gobierno les permitió a los agricultores construir los jarillones o diques en tierra en la parte sur de la laguna de Sonso para que los propietarios pudieran defender sus terrenos particulares de las inundaciones que se presentaban en formas periódicas por las entradas del río Cauca que alimentaban la laguna.

El señor Restrepo aclaró, que el río Cauca lo que hacía en épocas de invierno era alimentar la laguna, el río Cauca se desbordaba y arrastraba las aguas del río Sonso, las represaba y las devolvía a la laguna haciendo un proceso de lavado de sur a norte de las malezas acuáticas y de los mismos sedimentos con aportes. La laguna en dos épocas fijas del año hacía el proceso de lavado de sedimentos por medio de unos caños o pontones naturales, entre ellos el principal era un caño llamado Carlina por el cual desahogaban las aguas de la laguna a la parte norte del río Cauca pasando la carretera.

Con la construcción en el año 1966 de la pavimentada se eliminó la salida natural del caño Carlina, lo que implicó un levantamiento del jarillón la laguna quedó confinada a su estado actual, entonces como consecuencia viene la proliferación de sedimentos de malezas acuáticas que no salen en forma natural; ya que para que las malezas salgan al río debe haber un paso libre, por ello el Instituto Nacional de Vías – INVIAS construyó un caño artificial para alimentar el río Cauca con la laguna y así permitir que en épocas de invierno el buchón saliera normalmente por estos caños, pero este caño se ha ido colmatando por los sedimentos que le aporta el río Cauca y ya no hay esa salida normal del flujo de buchón, lo que se ha logrado es que en épocas no fijas se saca el buchón pero con un trabajo manual que hacen los mismos pescadores o las personas que se contrataban para ir cortando el buchón en la laguna y permitir la salida al río contando con las corrientes de agua para que haya un quiebre de agua del occidente de la laguna que salga al río en época de verano, en época de invierno es imposible porque el río está alimentando la laguna por el canal artificial. Las salidas que había antes se taponaron y también dos madre viejas entre ellas, la madre vieja el Burro, todo esto incidió relativamente sobre la misma laguna.

El gran problema tiene el buchón de agua es que se reproduce en forma sexual y asexual. Está estimado que por 1m<sup>2</sup> en la laguna hay aproximadamente 35 kilos de buchón, si eso se aplica al área del espejo lagunar de 745 has, de las cuales el 75% posee problemas de invasión del buchón de agua, se estaría hablando de unas 550 has aproximadamente, la conversión de los kilos por metro cuadrado a las 550 has, da un total de 192`500.000 kilos; es decir 192.500 toneladas de

buchón, esta es una gran cantidad, además el buchón de agua es una especie que se esta reproduciendo constantemente, cada 6 meses se tienen 8000 plántulas nuevas; lo que implica, que se le debe dar un manejo constante de extracción de malezas.

En febrero de 1987 se realizó un Plan Indicativo para la Laguna de Sonso, en el cual el Capítulo IV comprende las actividades de los programas para su dirección, entre dichas actividades se resaltan:

Actividad 3. Dragado. Debido a la gran sedimentación del fondo de la laguna, ocasionado por los aportes continuos de los sólidos en suspensión del río Cauca, por aportes de sedimentos orgánicos de las plantas muertas del excesivo buchón de agua cuya rata de sedimentación es mayor que la rata de descomposición y por la interrupción del modelo hidráulico original que suprimió el flujo continuo que arrastraba gran parte de estos sedimentos, se recomienda solicitar a la Subdirección Técnica elaborar un estudio de dragado, para llevar a cabo esta acción y recuperar parte del fondo perdido<sup>39</sup>.

Actividad 4. Control de malezas acuáticas. Debido a los problemas biofísicos ocasionados por la gran proliferación de malezas acuáticas en especial del buchón de agua (*E. crassipes*), se hace necesario un control, extrayendo el exceso en forma manual como se ha venido desarrollando, o en forma mecánica teniendo en cuenta que se debe permitir la existencia de estas en un porcentaje adecuado que no ocasione deterioro del medio.

El señor Restrepo comentó que para la extracción del buchón se contrato hace unos 15 años una maquina extractora del mismo, con la cual no se obtuvieron los resultados esperados porque lo que hacía era atrapar el buchón y picarlo como una especie de cosechadora de arroz, pero como no había corriente al río este buchón ya picado iba al fondo de la laguna y de allí vino el problema de colmatación, sedimentación y perdida de vida acuática de la laguna de Sonso. El control por condiciones físicas en el caso de la Laguna de Sonso no se puede esperar porque existe un rango estable de temperatura y flujo normal del buchón hacia el río Cauca que son ideales para el desarrollo de la planta, además las condiciones del viento no son favorables porque ya no se presentan los ciclos estacionales de invierno que se daba cada año, en donde se producían crecientes que limpiaban toda la vegetación flotante como sucedió en el año 99 con un fuerte invierno que se da cada 35 o 40 años en donde la laguna quedo completamente

---

<sup>39</sup> KAFURY, Sánchez Omar. GÓMEZ, Luís Fernando. LIBREROS, Libia. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. División de Cuencas Hidrográficas. Sección Conservación y Control. Programa de Parques y Reservas. Reserva Natural Laguna de Sonso. Plan Indicativo. Febrero de 1987. p 36.

limpia por la crecida del río. Si se utilizaran las condiciones físicas o los fenómenos climatológicos implicaría esperar otros 30 años para limpiar la laguna. Pero allí se estaría trasladando el problema a otros sitios, a otros humedales o madrevejas. Por otro lado, el buchón que tiende a salir de la laguna, arrastrado por las corrientes de agua y aire se atascan en la boca del único cañón artificial que comunica la laguna con el río, formando compactos balsares que pueden soportar el peso del hombre o semovientes.

La extracción de buchón de agua resulta costosa, se tiene calculado que la extracción de una ha de buchón puede valer de ochocientos a un millón de pesos pero contando con las condiciones ideales, porque lo que se busca es extraer el buchón con ayuda de algunos pescadores, o mano de obra y pagar unos jornales para extraerlo a la parte seca. Cuando haya las condiciones que son ideales se aprovecha para extraer el buchón por el caño artificial pero eso no se da todos los días. El río Cauca cuando quiebra uno o dos días se aprovecha para los excedentes de agua que tiene la laguna y se saca el buchón, pero las condiciones cambian de un momento a otro y se dificulta un poco, o no hay forma de extraerlo. Uno de los objetivos del Plan de Manejo que se está elaborando es dejar algunas zonas confinadas con buchón ya que esta especie es necesaria y no se trata de erradicarla completamente. Según el estudio realizado por el Programa de Flora y Fauna en 1979, se recomienda que el porcentaje de cubrimiento de buchón de agua que menos perjuicio ocasiona a la reserva es del 10%, por lo que se sugiere tratar de mantener una tendencia hacia este porcentaje (Viña, 1994. Op. Cit p 51-60). En el caso de la laguna de las 745 has, debería estar con buchón de 70 a 75 has manejado.

Las plantas acuáticas como comentaba el señor Restrepo han sido consideradas mucho tiempo como malezas debido que con frecuencia impiden o dificultan las actividades humanas, cubren grandes extensiones de los embalses, obstaculizan la navegación y la pesca, ocasionando problemas a la acuicultura, la imposibilidad del transporte fluvial, de acuerdo con lo que sucede con los pescadores de la laguna de Sonso, pero de todas maneras estas malezas acuáticas cumplen una acción depuradora en los espejos de aguas, como son las lagunas de estabilización donde operan simbióticamente poblaciones de algas y bacterias en la degradación de materia orgánica, que resulta el método más común para tratar las aguas residuales de pequeñas comunidades.

De esta especie considerada como maleza, se calcula que 10 plántulas pueden producir 600 mil plántulas más en 8 meses, es justamente una de las más eficientes en la remoción de nutrientes de materia orgánica en aguas residuales por su elevada tasa fotosintética, se ha demostrado que puede eliminar del agua hasta el 97% de materia orgánica expresada como DBO (demanda bioquímica de oxígeno) y de sólidos suspendidos 99% del nitrógeno y el 60 a 65% de fósforo así como organismos patógenos, sustancias tóxicas e incluso hasta metales pesados,



las variaciones de la eficiencia de remoción depende de las condiciones climáticas, de las características de donde se encuentra como profundidad, caudal, concentración de agua residual, tiempo de retención hidráulica, pero en la laguna se tiene algo muy especial y es que el buchón tiene las condiciones esenciales para reproducirse porque a la laguna le llegan el aporte de contaminantes de la parte oriental de la laguna de Sonso, los excedentes de agua de riego del río Sonso, de Quebrada Seca, el río Guadalajara aporta también excedentes de fertilizantes utilizados en cultivos agrícolas, en el monocultivo de la caña; además, el río Cauca también recibe los residuos de la parte industrial de Yumbo que son arrastrados hasta la laguna, por otro lado, el río Guadalajara trae aguas residuales del corregimiento de Sonso que llegan a la laguna sin ningún tipo de tratamiento.

Frente a ese aspecto también quieren contrarrestar esta situación con la construcción de algunas lagunas de oxidación para tratar esta agua. Lo anterior quiere decir que en la laguna el buchón de agua esta en su ambiente natural, los residuos de fertilizantes y químicos que lo están retroalimentando constantemente son los que determinan también su fertilidad.

En cuanto a los pescadores, sus actividades productivas se han visto afectadas considerablemente porque al haber incremento de buchón de agua, merma la oxigenación del agua, no hay penetración de la luz solar y es entonces cuando vienen los problemas de eutrofización. No significa que no haya peces, esta es indirectamente una forma de controlar pesca, pues los peces se esconden debajo del buchón, lo que dificulta su extracción. Otro aspecto es que como se trata de malezas flotantes, si venta de sur a norte o de norte a sur el buchón de traslada, por ello no hay un espejo de agua fijo; así, mientras en la mañana hay un espejo de unas 50 o 100has al norte de la laguna, en el transcurso del día o de la tarde, esa parte que estaba con espejo de agua se encuentra cubierta con buchón, lo que dificulta la entrada de los pescadores ya que si estos no están atentos a los movimientos del buchón, se quedan encerrados y aún mas se dificulta su salida, por ello hay que conjugar con estos aspectos para la pesca.

La problemática anteriormente nombrada por el señor Restrepo concuerda con los resultados obtenidos del documento Evaluación de la situación actual de la Laguna de Sonso de mayo de 1988 (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. OGAT Centro Sur Proceso 2. 1990. Op. Cit. p 2 – 4), de donde se concluye que el hábitat natural se encuentra deteriorado por efecto de la actividad agropecuaria que se efectúa en la zona, así mismo la invasión constante del espejo lagunar con las malezas acuáticas que afectan la pesca artesanal. El rompimiento del equilibrio hidrológico producido por la construcción de la vía Buga – B/ventura en 1966, con el taponamiento del caño Carlina y otros 5 caños mas, así como el taponamiento de entradas naturales del río Cauca a la laguna por el extremo sur.

El documento también menciona el alto grado de sedimentación del fondo lagunar (153.000m<sup>3</sup>) ocasionado por aportes del río Cauca y depósitos de residuos orgánicos, que hacen que la tendencia a desaparecer de la laguna sea cada vez mayor. La avifauna se encuentra amenazada por la incidencia de los factores anteriores, los 45 predios particulares ubicados dentro de la reserva ejercen constante presión sobre la integridad del conjunto natural y las 120 familias, pescadores que derivan su sustento de la laguna, viven en deficientes condiciones sociales y económicas.

La CVC viene administrando la laguna de Sonso desde 1968 con especial énfasis en el control y vigilancia de los recursos naturales y ha adelantado actividades para el mantenimiento del área lagunar, el mejoramiento de los factores físico – bióticos y de las condiciones sociales de los pescadores del área.

En el 2002 una compañía realizó en la madre vieja El Burro, aledaña a la laguna, un proyecto para tratar de erradicar el buchón de agua por medio de la utilización de sustancias orgánicas. El representante del proyecto, Pablo Duque, precisó que a las hojas de la maleza se les aplicaba un herbicida elaborado con cítricos, donde se mezcla la Vitamina C con melaza de caña y otras sustancias orgánicas. Un hongo actúa en las raíces y tallos del lirio consumiéndole todas las sustancias hasta secarlo totalmente. El director de la CVC, en ese entonces Alejandro de Lima, se mostró entusiasmado con los resultados del ensayo y decidió buscar la forma de aplicarlo al área de la laguna, donde se han invertido millones de pesos para erradicar el buchón<sup>40</sup>.

Por supuesto, se hizo un ensayo pero no dio resultado, inicialmente el buchón se seca y es aplicable cuando se habla de 1/2 a 1ha, pero al tratarse de 550 has con buchón se complica el proceso. Uno de los problemas que se presentó es que al secarse el buchón este va al fondo de la laguna, entonces se hace necesario complementar el trabajo con la recopilación de este excedente de buchón ya seco, inicialmente da buen resultado, pero en la culminación no se tienen las herramientas necesarias para que se haga el trabajo completo, los costos son elevados y no están los medios destinados para eso, además de que debe hacerse un estudio previo.

En la laguna como lo dijo anteriormente Restrepo, ya se han hecho unos estudios de cuanto puede costar la extracción de esta maleza que es de un millón de pesos por ha, son 550 has, serían 550 millones de pesos. Si se invierte este dinero se

---

<sup>40</sup> JARAMILLO, Jorge H. Hallan fórmula para acabar el buchón. Sustancias orgánicas, la clave para erradicar planta del humedal. [En línea]. En Redacción El País. Buga. [Consultada en Octubre 31 de 2002]. Disponible en internet: <http://elpais-cali.terra.com.co/historico/oct312002/REG/C431N5.html>.

limpia la laguna, pero tiene que ser un proceso constante de limpieza; por lo tanto, se debe contar con ese presupuesto y en ocasiones no se puede conseguir.

En el 2005, otra de las acciones llevadas a cabo que hace parte del proceso de recuperación y conservación del humedal, y que esta a cargo de la ONG Aguas de Sonso y es financiado con recursos de CVC y el Fondo para la Protección Ambiental es la de contar con veinte ecoguías encargados de enseñarle a propios y turistas, las bondades que aporta la laguna de Sonso al medio ambiente de la región<sup>41</sup>. De acuerdo con Diego Mejía, promotor ambiental y social de la organización no gubernamental, “el proceso tiene una duración de dos años y articula a todos los actores que se benefician del humedal”.

Se capacitaron 35 pescadores de la zona en el manejo autosostenible del medio ambiente, así mismo se realizó un trabajo de conscientización con los habitantes de Puerto Berlín, La Palomera y El Porvenir, del municipio de Buga, buscando que niños, jóvenes y adultos se comprometan con el cuidado del espejo lagunar. Otro aspecto que se empezó a adelantar fueron acercamientos iniciales a los 22 propietarios de terrenos vecinos al humedal, que se esperaban afianzar el año pasado. La idea es que a través de la extracción fluvial se pudiera hacer limpieza a las aguas de la laguna.

Actualmente se extrae el buchón de la laguna por medio del control mecánico con ayuda de pescadores y de propietarios de algunos predios; pero, el método de “macheteo” normalmente empleado, es lento, de alto costo y esta supeditado a las crecientes del río, además de que permite una proliferación de las plantas, puesto que el buchón también se reproduce por partes vivas y el macheteo es un estimulante de esta reproducción. Por ello tratan de extraer las plantas enteras hacia las orillas<sup>42</sup>.

En enero de 2006 un artículo de la Revista Imagen de los Vallecaucanos por medio de una entrevista hecha a un pescador de la zona muestra que a pesar del esfuerzo de la CVC y la presión de los grupos ecológicos, la laguna se encuentra seriamente amenazada y las grandes inversiones allí realizadas por tratar de salvarla, no han dado ningún resultado<sup>43</sup>.

---

<sup>41</sup> Laguna de Sonso tendrá ecoguías [En línea]. En Redacción de El País. [Consultada en Enero 04 de 2005]. Disponible en internet:

<http://elpais-cali.terra.com.co/historico/ene042005/REG/B404N1A.html>

<sup>42</sup> ORTIZ, Omar A. Reserva natural laguna de Sonso. Universidad del Valle. Sede Buga. 2000. Facultad de Tecnología Electrónica. Asignatura Ecología y Medio Ambiente. p 37.

<sup>43</sup> PATIÑO, Román. Se acabó la Cachama y la Tilapia Porque? [En línea]. En Revista Imagen de los Vallecaucanos. Buga. [Consultada en Enero de 2006]. Disponible en internet:[http://imagedelosvallecaucanos.com/principales/yotoco/articulos/laguna\\_sonso/index.htm](http://imagedelosvallecaucanos.com/principales/yotoco/articulos/laguna_sonso/index.htm)

Dicho artículo dice lo siguiente:

“El futuro cercano no es muy halagador, según lo confirma uno de los pescadores artesanales más veteranos del lugar, como es Jair Palacios, que además ha sido presidente de los pescadores artesanales y líder comunitario del corregimiento El Porvenir desde hace muchos años. Hechos que no se han solucionado en la laguna: la reactivación de la pesca, porque el bocachico que era el fuerte, desapareció. Ya no se ven a la orilla de la carretera, sector de Mediacanoa los pequeños puestos donde colgaban gigantescos bocachicos que los turistas compraban de inmediato”.

“Se acabaron otras especies, como la cachama y la tilapia porque el buchón de agua enraizado al máximo, impide el movimiento de las canoas, la entrada de oxígeno al agua, y no ha habido poder alguno para erradicarlo. Se trajo una máquina (draga) de Estados Unidos, no pudo y tampoco pudieron los hombres a punta de mano y machete. La sedimentación es cada vez más aguda, cuando crece el río Cauca, ingresan toneladas de lodo a la laguna y allí se queda”.

“Otro problema, es el de la presión agrícola. Allí se encuentran las mejores tierras a orillas del Cauca, cada vez, es más fuerte la presión de los agricultores sobre el área lagunar. El caño Carlina fue el golpe más certero contra esta reserva natural, lo cual se autorizó cuando hicieron la vía hacia Buenaventura. De no abrir este caño, la laguna morirá sin remedio. En diálogo con Jair Palacios, se pudo comprobar esta problemática, porque ya no hay peces, no hay pescadores, no hay guardabosques, y muy seguramente dentro de pocos años no habrá laguna”.

Frente a este artículo, Restrepo replicó que la CVC ha venido realizando acciones desde el año 96 con el fin de que el Instituto Nacional de Vías – INVIAS, permita la apertura del caño Carlina, ya que sin la aprobación de este es imposible lograr avanzar en los objetivos de Restauración de la Reserva Natural Laguna de Sonso.

En Febrero 6 de 2006 se envió una carta del Director Ambiental Regional Centro Sur, el señor Eduardo Velasco Abad dirigida al Doctor Raymundo Tamayo Medina, Coordinador del Grupo Ordenación, Manejo y Restauración de Ecosistemas, adscrito al Ministerio de Ambientes, Vivienda y Desarrollo, en donde enfatiza que la Reserva Natural Laguna de Sonso, ha estado sometida a un gran proceso de deterioro ambiental, iniciado en 1996 con la construcción de la nueva carretera Buga – Madroñal – Buenaventura y que ha afectado significativamente el humedal<sup>44</sup>.

---

<sup>44</sup> CARTA de Eduardo Velasco Abad. Director Ambiental Regional Centro Sur. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Buga. Febrero 6 de 2006.

Por ello los comités interinstitucionales creados desde 1993, con el fin de buscar la restauración de la Laguna de Sonso se han dirigido insistentemente al Instituto Nacional de Vías – INVIAS y han adelantado algunas acciones conjuntamente con la CVC:

- En 1995 se formuló el estudio de prefactibilidad hidráulico y sedimentos de la Laguna de Sonso.
- En 1997, el consorcio de administración vial Buenaventura – Buga de INVIAS visitó la Laguna de Sonso, presentó su informe y recomendó la apertura del pontón N° 2 y formulación de estudios técnicos detallados.
- En 1998, se realizó una reunión entre el Comité Interinstitucional de Laguna de Sonso y la Dirección Regional de INVIAS del Valle del Cauca para tratar el caso del taponamiento de la Laguna de Sonso.
- En 2000, se realizó el taller de resolución de conflictos con la asistencia de actores de la sociedad civil e institucional para tratar sobre el caso de taponamiento de la Laguna de Sonso.
- En el 2002 la Corporación Regional del Magdalena – CORPOMAG a solicitud de la CVC, envía al ingeniero hidráulico Roberto Montiel, quien conceptúa, evalúa y avala la propuesta de la Universidad del Valle.

La petición hacía notar que a pesar que desde 1996 los comités interinstitucionales y la CVC se han dirigido al Ministerio de Transporte y a INVIAS, las respuestas de estas entidades se han ido en un cruce de correspondencia presentando un incumplimiento a las solicitudes requeridas por los comités Interinstitucionales y la CVC, por ello se le solicitaba al Doctor Tamayo que el Grupo de Ordenación, Manejo y Restauración de Ecosistemas se pronuncie y haga seguimiento al Ministerio de Transporte y a INVIAS para que cumplan con lo prometido según los oficios enviados por estas entidades. Hasta ahora, La Dirección Ambiental Regional Centro Sur no ha recibido respuesta alguna acerca de la petición hecha.

Hasta el momento la CVC ha pensado en diferentes alternativas para aprovechar el buchón, una de ellas es convertirlo en pulpa de papel mediante un proceso industrial. Con los excedentes de buchón que se han extraído de la laguna, se han realizado ensayos dando como producto un cartón corrugado. Otra opción es utilizarlo como biogás, pero estos son estudios en los cuales no se ha avanzado mucho al respecto, otra elección sería utilizarlo incluso como alimento para vacunos, ensilaje, o para alimento humano, “están los estudios, pero no las personas o los recursos necesarios para echar andar estos proyectos”, dice Restrepo, ya que se han propuesto muchas ideas pero aún no se han aplicado. Restrepo aclaró que la laguna de Sonso es un campo abierto para la investigación, debido a que uno de los objetivos de preservación de la laguna es que sea aplicable para estudios de investigación de universidades y demás entidades; lo lamentable, es que simplemente se llega a propuestas que no se alcanzan a desarrollar, ya sea porque no hay una continuidad por parte de las

personas que proponen las ideas o porque no se cuenta con el presupuesto que permita implementarlas.

Restrepo comentó que se ha pensado también en controles que aún no se han implementado en la Laguna de Sonso; uno de ellos, es el control químico donde el herbicida comúnmente utilizado es el 2,4 – D (ácido 2,4 diclorofenoxiacético). Este tipo de tratamiento se considera como uno de los métodos más eficientes para controlar malezas acuáticas, aunque su uso es de mayor cuidado por problemas de toxicidad en el hombre, animales y cultivos. Pero dadas las condiciones de la Laguna de Sonso, el control químico es imposible de utilizar en este medio; además, en muchos casos aunque no se usan herbicidas en dosis tóxicas para peces, les puede causar la muerte indirectamente debido a la falta de oxígeno, ya que la degradación de material vegetal proveniente del buchón consume oxígeno necesario para los peces y remueve mecanismos fotosintéticos que lo producen.

En cuanto al control biológico, este tiene bajo costo y efectos no contaminantes, aproximadamente desde 1950 se ha venido investigando la posibilidad efectiva de algún control biológico para el buchón de agua. En la laguna de Sonso no son muchos los insectos que afectan el crecimiento de *E. crassipes*, algunos hemípteros y homópteros no producen un efecto notable en la planta aunque la puedan hacer susceptible a otras enfermedades, los efectos no son significativos.

En el estudio de macrófitas acuáticas, la vegetación flotante se halló como hábitat apropiado para el desarrollo de moluscos, insectos y aves propias de zonas lacustres. Directamente atacando al buchón de agua encontraron una oruga (*lepidóptera: Artiidae*) comiendo flores y larvas de *Chyromidae* que perforaban los pecíolos, sin embargo su ataque no es significativo como biocontrol (Fernández, Juan. 1990. op. Cit. 43 p).

Por el momento la CVC en Buga se propone extraer el buchón contratando una maquina que esta en proyecto, sacarlo a las orillas, a la zona seca amortiguadora y este buchón aprovecharlo como un bioabono, para ser utilizado en suelos degradados como aporte orgánico. Sin embargo Restrepo anotó que se podría surgir otro problema debido a que el buchón retiene muchos contaminantes como bromo, cromo, mercurio, que son en otras palabras químicos; con respecto a estos, el buchón no alcanza a descomponerlos, los absorbe pero no los elimina. Al extraer el buchón y hacer uso de el como aporte orgánico se estaría trasladando el problema de un sitio a otro. Por esta razón enfatizó Restrepo, hacen faltan los estudios técnicos que indiquen en que momento el buchón puede ser aplicable como bioabono, elaborando mezclas con tierra y otros componentes que enriquezcan este compuesto para llevarlo a estos suelos degradados o utilizarlos en cultivos como abono.

## 5 ALTERNATIVA PARA EL CONTROL DEL BUCHÓN DE AGUA (*E. crassipes*)

### 5.1 EL CULTIVO DE HONGOS COMESTIBLES

5.1.1 Antecedentes. Las setas u hongos existían en épocas muy remotas; se han encontrados huellas en fragmentos de madera que datan de una época anterior a la aparición del hombre. Hipócrates, ya alrededor de los años 470 - 400 AC los mencionaba por sus propiedades medicinales y los griegos, durante su imperio, eran grandes consumidores, a los que llamaban alimento de los dioses pues le atribuían la propiedad de prolongar la vida. Los egipcios también se referían a ellos como plantas de la inmortalidad, en los tiempos de los emperadores romanos, la comercialización de las setas comestibles se regía por leyes. Pero, muchas personas le temían a la idea de consumirlas, ya que entre las especies silvestres existían unas menos sabrosas, poco comestibles, e incluso algunas venenosas<sup>45</sup>.

En la edad media, 1196-1280, Alberto Magno señalaba que no eran plantas, sino que exhalaciones de la tierra, y por esto frágiles, perecederas y de corta vida. Esta es una actividad que se remonta al siglo XVII en Francia. En sus principios crecían sobre restos de cultivos de melones y más tarde en galerías y cuevas subterráneas, que resultaron ser ideales cuando se empezó a descubrir cuales eran las condiciones favorables para el crecimiento de los hongos (MASCOTTI, Mariana, A. DEL PINO, S. MARIANI, L. M. LARDONE y G. TORRES, 1999. Op. Cit).

A principios del siglo XX, esta actividad pasa a América, donde se comienza a establecer como industria, construyéndose a efectos casas de cultivo acondicionadas especialmente. Estas estaban construidas de madera, con paredes y techos bien aislados; la calefacción se conseguía mediante tubos de

---

<sup>45</sup> MASCOTTI, Mariana, A. DEL PINO, S. MARIANI, L. M. LARDONE y G. TORRES. Cultivo de Hongos Comestibles: Otra alternativa [En línea]. INTA INFORMA N° 40 Publicación Semanal de La Dirección De Comunicaciones – Chile Septiembre de 1999. [Consultado en Agosto 2005]. Disponible en internet: [http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/1999/40\\_septiembre\\_99.htm](http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/1999/40_septiembre_99.htm)

agua caliente situados a lo largo de las paredes y pisos alimentados por una caldera y la ventilación, por aberturas de aireación a lo largo del techo. El cultivo se efectuaba solo durante los meses más secos del año; hacia 1905 se desarrolló un método para producir micelio puro de tejidos de setas, este método fue explotado inmediatamente, ya que los americanos vieron la posibilidad de seleccionar y garantizar una especie determinada de hongos comestibles, desde entonces, el cultivo comenzó a desarrollarse en la industria que es hoy (MASCOTTI, Mariana, A. DEL PINO, S. MARIANI, L. M. LARDONE y G. TORRES, 1999. Op. Cit).

El conocimiento que se tiene en México sobre los hongos comestibles es una herencia que tenían los diversos grupos étnicos que poblaban el país en la época prehispánica. Por otra parte, México es un país rico en especies de hongos debido a su diversidad climática influenciada por su orografía y posición continental, dándole un lugar especial en el conocimiento tradicional de esta especie. En México muchas especies de hongos han sido reportadas como comestibles y algunas de ellas se consumen desde tiempos prehispánicos, el 80% de los hongos que se cultivan en México son de especies comestibles<sup>46</sup>. Sin embargo, a pesar del enorme conocimiento tradicional sobre los hongos, no existe evidencia del cultivo de tales organismos por parte de los diferentes grupos indígenas que habitaron la América precolombina. Los hongos, conocidos entre los aztecas como NANACATL, vocablo que significa carne, dieron además nombre a algunos lugares como Nanancatepec (el cerro de los hongos), mostrando así la importancia de estos organismos en la vida cotidiana. Otro aspecto interesante en el conocimiento tradicional de los hongos es la gran cantidad de nombres vernáculos que existen en América Latina. Para el caso concreto de las especies comestibles, se han registrado más de 2 mil nombres comunes<sup>47</sup>.

El término “setas” es aplicado en México para referirse a los hongos del género *Pleurotus* (*P. ostreatus* y afines), pero estos hongos son también conocidos como orejas blancas, orejas de palo, orejas de patancán, orejas de cazahuate y orejas de izote. México es pionero en el cultivo de setas en América Latina ya que dicha actividad inició en los años 70, desde entonces el interés por su propagación y consumo ha ido en aumento.

Las especies comestibles viven sobre troncos en descomposición, en el suelo de praderas o a veces de bosques, sobre esquilmos y en materiales obtenidos como subproductos de las actividades agrícolas. Por esta razón es posible cultivarlas en

---

<sup>46</sup> GUZMAN, Gastón, G. MATA, D. SALMONES, C. SOTO-VELAZCO, L. GUZMÁN - Dávalos. El Cultivo de los Hongos Comestibles. Instituto Politécnico Nacional. Xalapa - Veracruz. México D.F. 1993. p 115.

<sup>47</sup> GAITAN-HERNÁNDEZ, D. SALMONES, R. PÉREZ MERLO Y G. MATA. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología de Xalapa, Veracruz, México. 2002. p 1 - 35.



desechos agroindustriales como pulpa de café, bagazo de caña de azúcar y diversas pajas de cereales.

Los hongos ofrecen múltiples servicios, pues se utilizan como alimentos, levaduras de masa de pan, fermentadores en la producción de vino y cerveza, en la maduración de quesos y en el control biológico de plagas agrícolas<sup>48</sup>. Además, como fuentes de sustancias que por su actividad biológica pueden ser de enorme utilidad en medicina y en la bioindustria, por ejemplo en la producción de antibióticos y como agentes para estimular el desarrollo de las plantas (hongos formadores de micorriza, Atehortúa (1995))<sup>49</sup>.

Los hongos han sido tradicionalmente usados en la medicina oriental, los cuales son recomendados para reducir los niveles de colesterol, tratamiento de la diabetes, hipertensión, desórdenes nerviosos, buena memoria, antiparasítico, disfunción sexual, rejuvenecimiento, laxante, daños en la piel, caída del cabello, antiinflamatorio, antitumorales y úlcera intestinal; entre ellos se pueden citar algunos: *Tremella fusciforme*, *Auricularia aurícula*, *Auricularia polytricha*, *Ganoderma lucidum*, *Schizophyllum commune*, *Grifota frondosa*, *Pycnoporus sanguineus*, *Geastrum saccatum*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus djamour*, *Collybia confluens*, *Hericium erinaceum*, y *Coriolus versicolor*; Brizuela y otros (1998)<sup>5051</sup>.

Los países tropicales han iniciado la valoración y cultivo en desechos agroindustriales de un sinnúmero de hongos de valor comestible y medicinal<sup>5253</sup> pero aún, el mercado potencial es grande pues la producción mundial no alcanza a abastecer la demanda (Chang S.T Y Miles G.P.1999 Op. Cit).

El cultivo de hongos ha pasado de improvisaciones y técnicas caseras a ser la base de industrias altamente tecnificadas y fructíferas como el caso de la Empresa

---

<sup>48</sup> ATEHORTÚA L. El papel de los hongos en la bioindustria. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.1995. p 94.

<sup>49</sup> BRIZUELA M.A; GARCÍA L; PÉREZ L y MANSUR M. Basidiomicetos: nueva fuente de metabolitos secundarios. Rev Iberoam Micol. 1998.15: 69-74.

<sup>50</sup> CHANG S.T y MILES G.P. Biologías de las Setas. Fundamentos Básicos y Acontecimientos Actuales. Publicado por Instituto ZERI para América Latina. 1999. p 15 – 2.

<sup>51</sup> STAVINOHA W.B; SATSANGI H AND WEIRETRAUS S.T. Estudios de la Eficiencia Antiinflamatoria de *Ganoderma Lucidum*, en Recent Advances in *Ganoderma lucidum* Research. Ed. Por B.K. Kim and V.S. Kim. The Pharmaceutical Society of Korea. 1995. p 186.

<sup>52</sup> GUZMÁN, J.E. Producción de setas comestibles *Pleurotus pulmonarius* a partir de residuos agropecuarios de la zona de Minatitlan-Cosoleacape, Veracruz. 2000b. En: Memorias del I simposio de cultivo de hongos comestibles (Resúmenes). Xalapa, Veracruz.

<sup>53</sup> PAULI, G. Diversificación del trópico. Instituto Zeri para Latinoamérica. Santa fe de Bogotá D.C. 1999. p 120.

Cultivadora de Champiñones de Yarumal Antioquia, Colombia<sup>54</sup>. Aunque en nuestro país, no se han incursionado aún en cultivos industriales de hongos medicinales; tradicionalmente, se han cultivado hongos comestibles como champiñón, el cual abastece el mercado interno y un excedente de exportación. En la década de los 90, el cultivo pasó de investigación básica a ensayos de industrialización del cultivo en desechos agroindustriales como alternativa de uso de subproductos orgánicos<sup>5556</sup>; sin embargo, la comercialización es un tema que a penas comienza<sup>57</sup>.

En la ciudad de Quibdó se producen aproximadamente 547.5 toneladas anuales de aserrín de madera, 28470 toneladas de residuos orgánicos; además de otros desechos, producto de actividades agroindustriales como hoja de plátano y caperuza de maíz. Un mal manejo de estos desechos puede significar contaminación en ríos e insalubridad en los sitios de producción, el cual puede ser remediado mediante el cultivo de hongos<sup>58</sup>. En Quibdó, en el año de 1999, se empezó un proceso de evaluación de sustratos orgánicos para la producción de *Agaricus bisporus*, *Pleurotus sajor caju* y *Ganoderma lucidum* con el objetivo de aprovechar estos residuos y a la vez producir una alternativa de proteína diferente a la tradicional, conservando la energía que de otra manera se perdería<sup>59</sup>. Esto es posible, gracias a que los hongos secretan una gran cantidad y variedad de enzimas que tienen la capacidad de degradar estos compuestos, convirtiendo así una materia de insignificante valor económico en alimento y medicina para humanos.

Según información encontrada en la página Web de AUPEC-Univalle, investigadores del Grupo de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, están experimentando en su laboratorio el cultivo de hongos comestibles en mezclas de desechos que generalmente son causa de problemas ambientales. Normalmente, los hongos comestibles son cultivados en pasto,

---

<sup>54</sup> Abriendo campo. Programa del Canal Regional de Telepacífico [Videograbación]: Setas de Colombia. 2005. 1 videocasete (30min.)

<sup>55</sup> CARDONA U.L.F. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. 2001. 16:99-119.

<sup>56</sup> CHANG S.T. A Global Strategy for the Bioconversions of Lingnocellulosic. Biomasa – a Challenge of a “non – green revolution”; ZERI Newssletter. 1998., 9, 37- 39.

<sup>57</sup> FRANCE A. Producción de hongos comestibles. Boletín INIA No 23. 2002. p 25.

<sup>58</sup> TORRES T.M.G; RIOS H.A; MEDINA, R.M.A y otros. Distribución de algunos géneros de macromicetos en el municipio de Quibdó. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó. 2002b. No 16: 53-56.

<sup>59</sup> RIOS H.A; MEDINA R.M.A; TORRES T.M.G; BARRIOS A.L y MOSQUERA, M.L.H. Evaluación de sustratos para la producción de las setas *Pleurotus sajor cajú* y *Ganoderma lucidum* en el Municipio de Quibdó. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, 2001.No 14: 6– 12.

boñiga, otros materiales orgánicos y desechos como el tamo del arroz y el buchón de agua<sup>60</sup>.

Los profesores de la División de Ciencias Básicas de la UAO, bioquímicos Julio César Molina Bastidas, Julio César Montoya Villegas y Julio César Wilches Rodríguez, exploran diferentes alternativas para minimizar estos problemas ambientales y reutilizar materiales críticos en la producción de alimentos como es el cultivo de hongos comestibles. El profesor Molina Bastidas, quien coordina los estudios, manifestó que se ha demostrado la capacidad biodegradadora del hongo, después de 30 días de ser sembrado en la mezcla de desechos.

Según el profesor Wilches Rodríguez, los trabajos del Grupo de Biotecnología de la UAO, se han venido realizando con un hongo de la especie conocida como *Volvariella esculenta*, que crece frecuentemente en algunos países asiáticos. Sin embargo, los investigadores también están identificando hongos comestibles nativos en la cuenca baja del Río Líli, en el departamento del Valle del Cauca, al sur de Colombia, para analizar su capacidad biodegradadora y compararla con los conocidos en el mundo.

De acuerdo con el profesor Montoya Villegas, aunque en nuestro país hay una gran riqueza y variedad de hongos, alta disponibilidad de residuos y desechos y mayoría de población con déficit proteínico y vitamínico, son pocos los estudios en este campo. El cultivo de hongos podría ser no sólo una alternativa de alimentación a bajo costo, sino una oportunidad de generar nuevos productos y mercados, aún más, si se tiene en cuenta que la producción de residuos agrícolas y agroindustriales en el País, se calcula al rededor de 2.500 millones de toneladas al año.

5.1.2 Características generales de las setas. Las setas son hongos que se desarrollan sobre troncos en descomposición y otros sustratos vegetales. Cada hongo esta formado por una serie de finos filamentos llamados hifas, que en conjunto forman lo que se denomina micelio. En la naturaleza y bajo condiciones favorables de humedad y temperatura, este micelio extendido sobre un sustrato adecuado, se transforma en pequeños grumos que van aumentando de tamaño hasta formar la típica seta. El hongo formado con su sombrero y su pie, tiene la función de producir las estructuras de reproducción llamadas esporas cuya misión es perpetuar la especie. Estas esporas se forman en la cara inferior del sombrero, en unas laminillas verticales que se extienden desde la parte superior del pie hasta

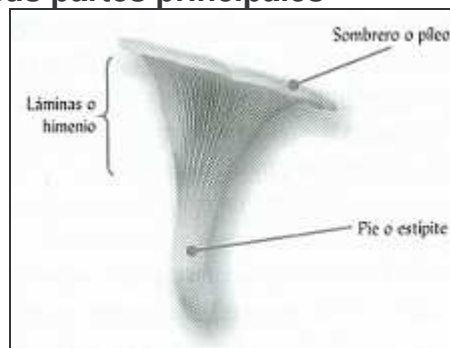
---

<sup>60</sup> AUPEC. Ciencia al día. Hongos: Riqueza de la naturaleza poco explotada [En línea]. Santiago de Cali [Consultada septiembre de 2005]. Disponible en internet: <http://Aupec.univalle.edu.co/informes/abril97/boletin34/hongos.html>.

el borde del sombrero. Un hongo o cuerpo fructífero representa para el micelio lo que un fruto para un árbol (Gaitán-Hernández, D. Salmones, R. Pérez Merlo Y G. Mata. Op. Cit. p 3).

Los hongos en general son conocidos por su forma de paraguas, con un sombrero más o menos circular y un eje o pie que lo sostiene, pero para el caso de las setas este pie es más lateral que céntrico, por lo que su desarrollo se da en forma de una ostra u oreja, de hecho a este hongo técnicamente se le llama *Pleurotus*, término que deriva del griego pleura o pleurón, costado o lado y del latín otus, oreja (Gaitán-Hernández, D. Salmones, R. Pérez Merlo Y G. Mata. Op. Cit. p 3) (Figura 8).

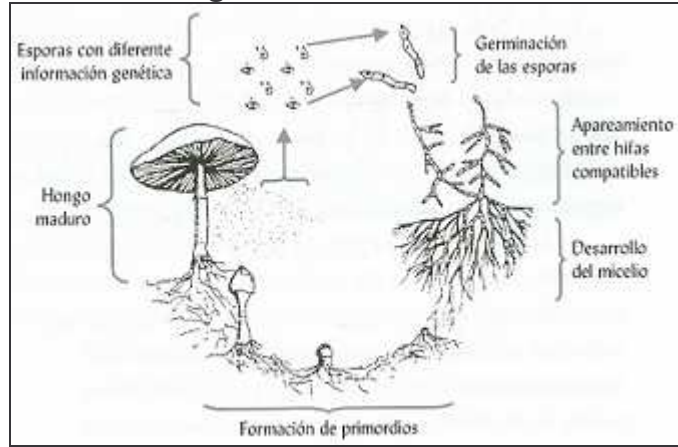
**Fig. 8 Hongo seta con sus partes principales**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002.

Las setas se alimentan de la materia orgánica en la que están creciendo, degradando las sustancias con enzimas que libran al medio húmedo que les rodea, por ello es importante el suministrar un sustrato adecuado al hongo cuando se le intente cultivar para que los nutrientes puedan ser aprovechados por las hifas del micelio. Para que la seta se desarrolle adecuadamente se requiere de una temperatura y humedad adecuadas, así como aire que aporte oxígeno y cierta cantidad de luz. Con estos factores se reducen las necesidades que tiene que satisfacer el cultivo del hongo seta. El conocer el desarrollo de un hongo en la naturaleza y entender su ciclo de vida (Figura 9), nos dará el conocimiento para poder manipularlo y producirlo en condiciones artificiales de cultivo (Gaitán-Hernández, D. Salmones, R. Pérez Merlo Y G. Mata. Op. Cit. p 4).

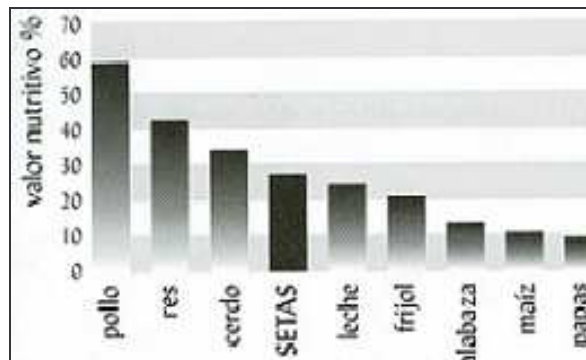
**Fig. 9 Ciclo de vida de un hongo**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002.

Actualmente el hongo seta se ha considerado un complemento alimenticio de un aceptable valor nutricional, ya contiene entre 19 y 35% de proteínas en comparación con vegetales como hortalizas y frutas que tienen 7,3-13,2%, exceptuando la soya con 39,1%; es decir, que contiene todos los aminoácidos esenciales, por lo que debe ser incluido en la dieta diaria<sup>61</sup>. Este hongo tiene alto contenido de vitaminas, fibra y minerales y bajo contenido en carbohidratos lo hace un alimento bajo en energía. Presenta entre el 57% y 61% de carbohidratos en base a su peso seco, 26% de proteína y un contenido de fibra del 11.9%. Contiene vitaminas como la niacina, tiamina (vitamina B1), vitamina B12 y la vitamina C ácido ascórbico. Además se le han detectado minerales como el potasio, fósforo, calcio, entre otros. Su contenido de grasas es de 0.9% a 1.8% con base en su peso seco y su valor nutricional en relación con otros alimentos se puede observar en la figura 10 (Gaitán-Hernández, D. Salmones, R. Pérez Merlo Y G. Mata. Op. Cit. p 5).

**Fig. 10 Valor nutricional del hongo seta (%) en comparación con otros alimentos.**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002.

<sup>61</sup> CHANG, S.T.y P.J. Miles. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Boca Ratón. 1989. p 12 – 15.

## 5.2 METODOLOGÍA

Con el Grupo de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali se trabajó alrededor de 6 meses en el laboratorio de Biotecnología sobre el conocimiento del paquete tecnológico del cultivo de hongos comestibles mediante la realización de experimentos. Este proyecto se llevo a cabo hasta las fases de siembra y crecimiento con pequeñas muestras en el laboratorio.

Se aplicaron métodos de la investigación científica, donde se comenzó con la búsqueda y análisis bibliográfico del tema; los trabajos de laboratorio, en que se utilizaron las sepas de *Pleurotus sp*; entre ellas, *P. ostreatus*, *P. pulmonarius*, *P. eryngii*, *P. djamor* (Figura 11). Así mismo, se aprovechó el tamo del arroz como sustrato para el cultivo de las setas y se tomó como base la metodología para el cultivo de los hongos comestibles utilizada por el Instituto de Ecología de Xalapa, México. (Figura 12).

**Fig. 11 Sepas utilizadas en los experimentos**



Fuente: [abrazil.com/ images/Eryngii.jpg](http://abrazil.com/images/Eryngii.jpg) (A); [fp.bio.utk.edu Pleurotus/pleurotusisg.htm](http://fp.bio.utk.edu/Pleurotus/pleurotusisg.htm) (B)  
[www.agromantar.com/fotopl.html](http://www.agromantar.com/fotopl.html)(C y D)

**Fig. 12 Metodología para el cultivo de hongos comestibles**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología – UAO. 2005

### 5.2.1 Obtención y mantenimiento de cepas en el laboratorio.

5.2.1.1 Medios de cultivo. Para el cultivo y desarrollo los hongos comestibles en el laboratorio; es decir, el desarrollo del micelio en tubos de ensayo o cajas de Petri, es preciso utilizar medios de cultivo que le deben proporcionar al hongo los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Los medios de cultivo mas utilizados en nuestro trabajo de laboratorio fueron el agar con extracto de malta y agar con papa y dextrosa. El medio de cultivo que se utilice depende de la especie de hongo que se quiere cultivar, puesto que cada especie tiene sus propios requerimientos nutricionales.

Así mismo, se debe contar con materiales adecuados para la preparación de los medios de cultivo, como son una Báscula granataria, Papel aluminio, Agua destilada o purificada, Olla de presión o autoclave, Matraz Erlen Meyer, Cajas de Petri, tubos de ensayo o frascos y Mecheros.

- *Agar con extracto de malta*

Procedimiento: se pesan los ingredientes y se mezclan en el matraz con 1000ml de agua destilada. La suspensión se calienta y agita hasta que queden totalmente disueltos los ingredientes (Figuras 13 y 14). Nosotros utilizamos 39 gramos de PDA (Papa – Destroza – Agar) por 1000 mililitros de agua destilada.

**Fig. 13 Pesado de los ingredientes**



**Fig. 14 Calentamiento de la Suspensión**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002 (Fig. 14 y 15).

Una vez que el medio anterior es diluido, el matraz se tapa con papel aluminio y se esteriliza a 15lb de presión por 15 min en autoclave (Figura 15). En condiciones de asepsia (en cámara de flujo laminar o con ayuda de mecheros) (Figura 16), el medio de cultivo tibio (39 – 40°C) se vierte en tubos de ensayo, cajas de Petri o canecas de licor (Figura 17), se sellan con papel parafilm (Figura 18) y se deja solidificar, cualquiera de estos recipientes que se vaya a utilizar debe estar previamente esterilizado.

**Fig. 15 Olla de presión para esterilización**



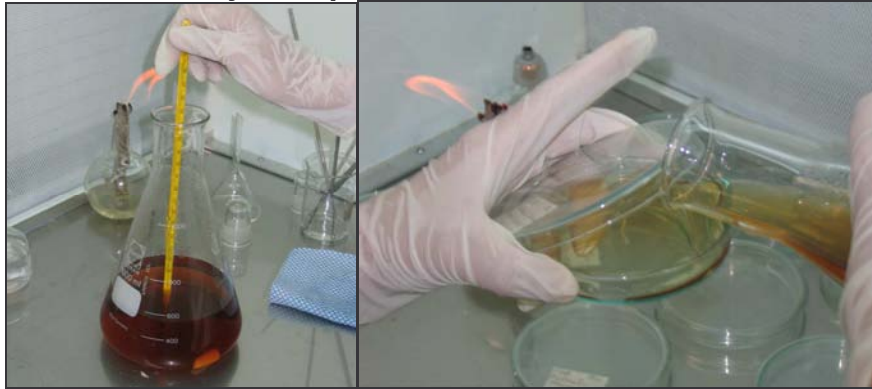
**Fig. 16 Cámara de Flujo Laminar para cultivo de hongos en esterilidad**



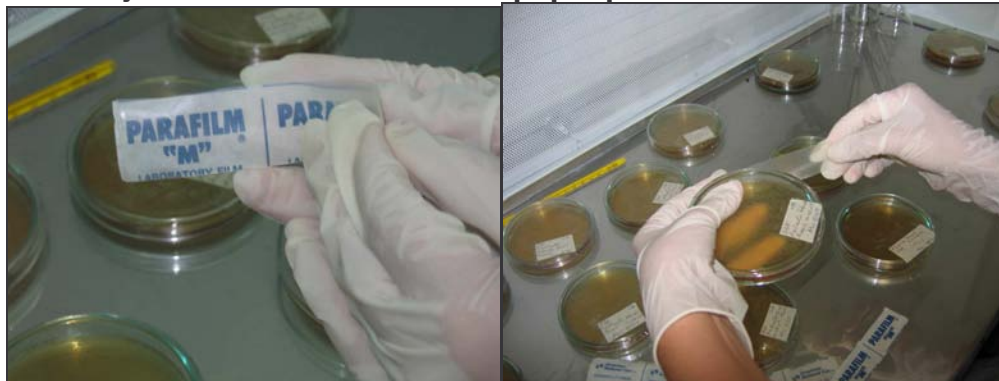
**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología – UAO. 2005 (Figuras 15 y 16).



**Fig. 17 Vertimiento en cajas de petri**



**Fig. 18 Las Cajas de Petri se sellan con papel parafilm**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología – UAO. 2005 (Figuras 17 y 18).

5.2.1.2 Obtención de cepas. Al micelio de un hongo (forma algodonosa) que se desarrolla sobre un medio de cultivo se le llama cepa (Figura 19). Su aislamiento se puede realizar por medio de tejido (fragmento del hongo) o por medio de esporas, requiriendo: Bisturí o navaja, Papel filtro o papel bond estéril, Asas, Cámara de flujo laminar o mecheros, Algodón como desinfectante, Pipetas, Cajas de Petri con medio de cultivo y Vasos de precipitado

- *Aislamiento por medio de tejido.* Se toma un pequeño fragmento del interior hongo y se reproduce en un medio de cultivo seleccionado. El hongo que se seleccione debe estar en buen estado, fresco, turgente, joven y limpio (Figura 20). En un ambiente de absoluta asepsia, incluyendo los materiales previamente esterilizados, se coloca el hongo y se corta longitudinalmente con una navaja; con la ayuda de unas pinzas estériles y frías, se toman fragmentos de micelio de unos 2mm y se colocan en cajas Petri o tubos de ensayo con medio de cultivo (Figuras 21 y 22).

**Fig. 19 Hongo en un medio de cultivo artificial (Cepa)**



**Fig. 20 Hongo apto para aislamiento**



**Fig. 21 Corte longitudinal del hongo con una navaja**



**Fig. 22 Fragmento de tejido en medio de cultivo**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología – UAO. 2005 (Figuras 19, 20, 21 y 22).

Las cajas se sellan con cinta adhesiva y los tubos se tapan con algodón o con su tapadera de rosca, para evitar la contaminación. Las cajas con los aislamientos se incuban entre 25 – 28°C, en posición invertida para evitar que se contaminen en

la oscuridad; 2 o 3 días después, se observará crecimiento micelial en forma algodonosa sobre la superficie del medio. El color será blanco o blanco amarillento, lo que indicará que el aislamiento se realizó correctamente (Figura 23).

**Fig. 23 Crecimiento micelial sobre la superficie del medio**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología – UAO. 2005

Se deben seleccionar los cultivos con mejor apariencia y transferirse a nuevas cajas con medio de cultivo. Con el fin de disponer del material biológico necesario para la ejecución del proyecto, se utilizó la cepa *Pleurotus ostreatus* híbrido del Brasil, esta se multiplicó varias veces. Para ello, se toma la cepa madre y con la ayuda de un asa de platino, se cuadrícula el micelio contenido en la caja de petri seleccionada, con la finalidad de obtener porciones de un cm<sup>2</sup> aproximadamente. Cada porción, se deposita sobre la superficie del medio de cultivo contenido en cada una de las cajas de petri. Posteriormente, las cajas de petri inoculadas se incuban a 24°C a total oscuridad (Figura 24).

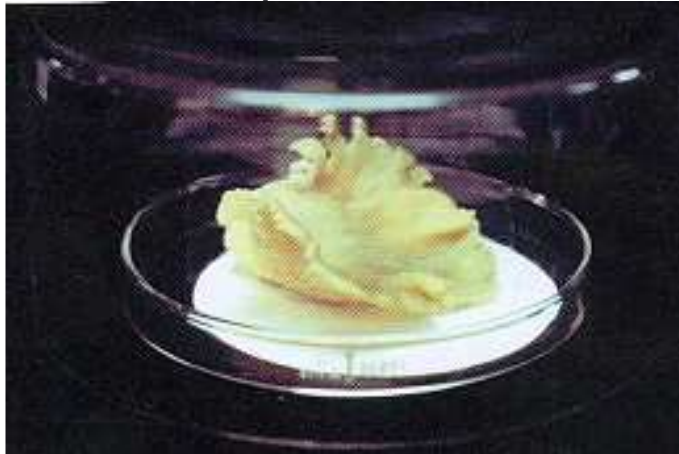
**Fig. 24 Incubación cajas de petri inoculadas**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología – UAO. 2005

- *Aislamiento por medio de esporas.* Para llevar a cabo este aislamiento, se deberá contar con una esporada del hongo. La esporada se obtiene colocando el sombrero del hongo con las láminas hacia abajo sobre papel estéril (desinfectar con alcohol la superficie donde va a estar el papel) por un tiempo de 6 a 8 hr. Para evitar contaminación y favorecer un ambiente húmedo para que la descarga de esporas se realice adecuadamente, el hongo y el papel se tapan con un recipiente limpio y también estéril (Figura 25). Transcurrido el tiempo, se retira el hongo del papel, quedando este impreso con las esporas en forma de una huella radial, de preferencia se seca en una incubadora durante 24hrs. a 28 – 30°C. Este tipo de aislamiento no fue experimentado por nosotros en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Occidente.

**Fig. 25 Manera de obtener una esporada**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002.

Una vez obtenida la esporada sobre el papel, con una navaja o tijeras estériles se corta un pequeño fragmento de aproximadamente 1cm<sup>2</sup>, que se sumerge en 100ml de agua destilada estéril fría, agitándose para que las esporas se disuelvan en el líquido. De esta dilución se toman 0.5ml y se colocan en cajas de Petri con medio de cultivo. La caja se mueve ligeramente para distribuir homogéneamente el agua con las esporas en todo el medio (Figura 26). Las cajas se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el aislamiento por tejido y 5 u 8 días después, se observará el desarrollo del micelio algodonoso. Todo este proceso se debe realizar en condiciones de esterilidad absoluta.

**Fig. 26 Dilución a partir de un fragmento de papel con esporas**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002.

5.2.1.3 Mantenimiento de las cepas. Su objetivo es retardar el envejecimiento, la viabilidad y pérdida de las características de las cepas, atribuido a diferentes factores que actúan en el almacenamiento de las mismas; lo cual, puede ser causado por agotamiento de nutrientes en el medio, acumulación de secreciones tóxicas propias del metabolismo del hongo, alteración de pH en el medio, disminución de la concentración del oxígeno y la consecuente acumulación de CO<sub>2</sub>, entre otros.

Para evitar lo anterior las cepas se deben transferir periódicamente a nuevos recipientes (cajas Petri, tubos de ensayo o frasquitos) con medio de cultivo nutritivo. La resiembra se realiza tomando con asa estéril un fragmento del micelio del hongo y se coloca sobre el medio de cultivo del nuevo recipiente. Se incuba de 25 – 28°C y una vez que el micelio cubre toda la superficie del agar (10 a 15 días) se pueden mantener en refrigeración a 5°C. El tiempo de cada transferencia es de 3 a 6 meses, dependiendo de la cepa y cuidados en almacenarla.

Uno de los mejores métodos de almacenamiento de cepas es en nitrógeno líquido, ya que la conservación es a largo plazo debido a que la actividad del micelio se detiene a -196°C. Aquí las cepas pueden permanecer viables por muchos años sin necesidad de hacer resiembras periódicas, manteniendo sus características originales de forma, color y rendimientos en la producción. La desventaja de este sistema es que debido a su alto costo y a la delicada técnica para almacenar las cepas, sólo es utilizado en instituciones de investigación.

5.2.2 Elaboración de inóculo. El inóculo se conoce también como “semilla” (*spawn*, en inglés) y es el desarrollo masivo del micelio del hongo sobre un sustrato determinado como lo pueden ser granos o “semillas” de gramíneas y otros materiales dentro de un frasco, botella o bolsa de polipapel, principalmente se usan granos de sorgo o trigo (Figura 27). Esto es lo que constituye la base para el cultivo comercial de las setas. Para ello se requiere: Semillas de gramíneas,

Bolsas de polipapel 18x25cm, Mecheros o cámara de flujo laminar, Alcohol al 70%, Agujas de disección, Bisturí o navaja y Autoclave

**Fig. 27 Semillas de gramíneas (sorgo, trigo)**



**Fuente:** Grupo Biotecnología de la UAO. 2005

La elaboración del inóculo se realiza en dos etapas:

*Inóculo primario.* Es la propagación del micelio en semillas a partir de una cepa crecida en medio de cultivo.

*Inóculo secundario.* Es la propagación del micelio para disponer de una mayor cantidad para su siembra en el sustrato elegido para la producción de hongos.

Para la selección de semillas o granos se debe considerar la disponibilidad, bajo costo y calidad. Se pueden emplear semillas de trigo, sorgo, centeno, cebada, avena y arroz, entre otros. La técnica para la preparación de las semillas en la elaboración del inóculo es la siguiente:

Para realizar este paso en el proyecto se utilizaron granos de sorgo; estos, se limpian previamente para eliminarles cualquier partícula ajena, se lavan e hidratan por inmersión en agua a temperatura ambiente durante 20-24 horas, en ocasiones también se dejan hervir durante 15min hasta que queden de consistencia blanda. Transcurrido el tiempo de hidratación, los granos se enjuagan y se escurre el exceso de agua con la ayuda de un cernidor (Figura 28). La cantidad de agua que absorbe la semilla es aproximadamente 25% – 30%. Una vez controlado el contenido de humedad en el grano, se pesan 250g en bolsas plásticas de 16 x 50cm, después se esterilizan en autoclave, a 15lb durante 15 min (Figura 29).

Las bolsas esterilizadas se enfrían en un área aislada y desinfectada. Una vez se ha enfriado la semilla, los frascos se agitan vigorosamente para separar las semillas entre sí y permitir una aireación e hidratación homogénea. Estas muestras sirven para hacer el inóculo primario y secundario.

**Fig. 28 Forma de escurrir el exceso de agua**



**Fig. 29 Pesado y Esterilización del grano en bolsas plásticas**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005  
(Figuras 28 y 29)

Para el *inóculo primario*; se toma el *micelio* del medio y con la ayuda de un asa de platino, se cuadrícula el *micelio* contenido en la caja de petri seleccionada, con la finalidad de obtener porciones de  $1\text{cm}^2$  aproximadamente, que se coloca sobre la semilla contenida en cada bolsa, se le deja un poco de aire a la bolsa y se sella con cinta adhesiva, se rotulan con los datos de la cepa, fecha de inoculación y responsables, también se le puede hacer un nudo (Figura 30). Se incuban de de  $25 - 28^\circ\text{C}$  en oscuridad hasta que el micelio cubre totalmente la semilla; 15 o 20 días después, el inóculo primario esta listo para ser utilizado en la elaboración del inóculo secundario (Figura 31).

**Fig. 30 Inoculación y sellado de bolsas con semilla**



**Fig. 31 Inóculo primario listo la elaboración del inóculo secundario**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio Biotecnología de la UAO. 2005 (Figuras 30 y 31)

El *inóculo secundario* se realiza vaciando un poco de inóculo primario a nuevas bolsas con semilla estéril, se agita homogéneamente y se incuban en las mismas condiciones mencionadas para el inóculo primario (Figuras 32, 33). El inóculo secundario es el que se usa para la siembra y fructificación de las setas (figura 34). Si el inóculo no se emplea inmediatamente puede ser almacenado de preferencia en la oscuridad y refrigeración a 5°C hasta por 3 meses, aunque lo recomendable es utilizarlos a la semana de estar en refrigeración.



**Fig. 32 Producción de inóculo Secundario a partir del inóculo primario**



**Fig. 33 Condiciones de incubación inóculo primario y secundario**



**Fig. 34 Inóculo secundario invadido por el micelio del hongo, listo para ser sembrado**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005 (Figuras 32, 33 y 34)

5.2.3 Selección de sustratos. Al material sobre el que crecen los hongos se les llama sustrato, el cual degradan para su alimentación. Los hongos del género *pleurotus*, toman los nutrientes necesarios de los materiales sobre los que crecen. Tienen la capacidad de degradar celulosa y lignina presente en diversos esquilmos agrícolas (pajas, rastrojos), desechos agroindustriales (bagazos de caña de azúcar, pulpa de café) y/o forestales (aserrín y viruta de diversas maderas).

Para seleccionar el sustrato, es indispensable conocer la disponibilidad y abundancia del mismo en la región en donde se piensa cultivar el hongo seta. Es importante tomar en cuenta, buen precio de adquisición y que sea fácil de

transportar. Algunos de los sustratos más utilizados para el cultivo de estos hongos son las pajas de cebada, trigo, centeno, avena, arroz y sorgo y en menor cantidad la pulpa de café y algunos bagazos como los de caña de azúcar (Figura 35). Algunas veces es recomendable picar el sustrato para evitar que se rompan bolsas y facilitar su manejo, como también hacer una combinación de sustratos en diferente proporción, para incrementar la producción de hongo. En este caso se experimentó con tamo de arroz.

**Fig. 35 Sustrato (tamo de arroz)**



Fuente: Grupo de Biotecnología UAO. 2005

5.2.3.1 Tratamiento de los sustratos. Para utilizar los sustratos en el cultivo del hongo seta, es necesario someterlos a un tratamiento previo, que consiste básicamente en aplicarles calor para disminuir la flora microbiana nociva que esta presente en ellos y de esta manera evitar que los microorganismos compitan por espacio y nutrientes con el micelio de *pleurotus*.

- *Fermentación*. Existen algunos sustratos a los que es recomendable aplicarles una fermentación aerobia, para proporcionarles una microflora capaz de proteger al micelio del hongo seta de otros microorganismos competidores; entre estos sustratos están la pulpa de café y el bagazo de caña de azúcar, que deben ser utilizados preferiblemente frescos, evitando aquellos que hayan tenido previamente un proceso fermentativo por almacenamiento.

El tiempo de fermentación depende del sustrato, por ejemplo para el bagazo se recomienda de 8 – 10 días, mientras que la pulpa de café, de 3 – 5 días. Para realizar una fermentación homogénea, es necesario colocar el sustrato en forma piramidal, humedeciendo con agua y tapándolo con un plástico para mantener el calor y la humedad. Dicho sustrato debe voltearse cada 3 días para favorecer la aireación y el proceso de fermentación.

- *Pasteurización.* Es la técnica común de tratamiento del sustrato para el cultivo de *pleurotus*, y su propósito es preparar a dicho sustrato para un eficaz desarrollo del hongo. La pasteurización puede se puede aplicar de dos formas:
  - *Pasteurización con vapor.* Consiste en colocar el sustrato en un área cerrada, ésta puede ser un pequeño cuarto de concreto o un recipiente metálico, se le aplica vapor por una caldera eléctrica, de diesel o gasolina, por medio de tubos de cobre o mangueras resistentes al calor. Se recomienda que la temperatura alcance entre de 70 – 80°C y que el sustrato se mantenga de 2 a 4 hrs. en esa condición.
  - *Pasteurización por inmersión en agua caliente.* El sustrato se sumerge en agua caliente (75 – 80°C) durante 1 hr. (Figura 36). Esta técnica fue la utilizada en el laboratorio de Biotecnología de la Universidad Autónoma de Occidente. Una vez llevada a cabo una buena pasteurización del sustrato, éste estará listo para ser sembrado con la semilla o inóculo previamente preparado.

**Fig. 36 Pasteurización por inmersión en agua caliente**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005

5.2.4 Siembra y producción de las setas. Seleccionado el sustrato y fermentado o pasteurizado como se explico anteriormente, se procede a sembrar el sustrato. Para este proceso se necesita: inóculo, Paja de arroz, avena, trigo, entre otras, Bolsas de plástico transparente de 40x60cm o de 50x75cm, Solución desinfectante (alcohol al 70%), Cinta transparente, Navaja y/o tijeras

5.2.4.1 Siembra. Aunque existen diversos utensilios y métodos para la siembra del hongo en el sustrato, en este trabajo se describe la técnica manual en bolsas de plástico, ya que por su sencillez y escaso material requerido, es una de las de más fácil adaptación.

Para la siembra del hongo se requiere un área cerrada, limpia, provista de una mesa o superficie con cubierta de fácil lavado, desinfectada con una solución de alcohol comercial de 96° diluido en agua (70% de alcohol, 30% de agua) (Figura 37). En esta mesa se deposita la paja previamente pasteurizada y escurrida. La siembra se inicia cuando el sustrato se enfría a la temperatura no mayor de 30°C. En bolsas de plástico transparentes y nuevas se procede a intercalar manualmente capas alternas de sustrato y semilla, tratando de que la mezcla sea uniforme y evitando dejar áreas sin cubrir de semilla. Aproximadamente de 150 a 250g de inóculo se requieren para sembrar 5kg (peso húmedo) de paja (Figura 38).

**Fig. 37 Asepsia del área para la siembra**



**Fuente:** Autores Pasantía. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005

**Fig. 38 Siembra del hongo seta en bolsas de plástico con paja de trigo en condiciones de asepsia**



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002

5.2.4.2 Incubación. Las bolsas cerradas se colocan en incubación, sobre estantes metálicos en un cuarto limpio, de preferencia oscuro y con temperatura ambiente entre 25 a 28°C (Figura 39). Al día siguiente de la siembra, a las muestras se les hacen pequeñas perforaciones con un objeto punzocortante limpio, para favorecer la oxigenación del hongo (Figura 40). Dentro de los siguientes 3 días, las bolsas se revisan diariamente con la finalidad de detectar la recuperación del micelio, lo cual se observará como una masa blanquecina creciendo alrededor del grano (Figura 41). Las bolsas deberán mantenerse en el área de incubación hasta que el micelio cubra todo el sustrato, lo que sucederá en aproximadamente 2 o 3 semanas. Durante este tiempo, se deben hacer revisiones periódicas de las muestras, para detectar cualquier posible contaminación con bacterias, otros hongos, mosquitos y otros insectos.

**Fig. 39 Condiciones de incubación de las muestras sembradas**



**Fig. 40 Perforación de Bolsas**



**Fig. 41 Revisión de Bolsas**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005 (Figuras 39, 40 y 41)

5.2.4.3 Producción. El área de producción será de fácil limpieza y con paredes de preferencia lavables, de igual manera la estantería que se emplee. Se pueden utilizar varios sistemas para colocar las muestras en producción, como bolsas en estantes, bolsas colgantes o el uso de estacas, entre otras (Figura 42).

**Fig. 42 Área de Producción**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005

Si hay alta humedad ambiental en la zona donde están ubicadas las bolsas, a las muestras que pasan a producción se le puede retirar la bolsa de plástico para que todo el sustrato con micelio quede expuesto, pero si no es así, y para evitar la disecación de las muestras, se recomienda solo realizar perforaciones de mayor tamaño en donde se presenten los primordios. Inicialmente estos son masas algodonosas que aparecerán pocos días después de la transferencia de las bolsas al área de producción y que con el tiempo se diferenciarán en pequeñas protuberancias que salen del sustrato. El color de los primordios puede cambiar dependiendo de la variedad de seta que se trabaja, desde color blanquecino o crema hasta rosa, café grisáceo, gris azulado o gris oscuro (Figura 43).

**Fig. 43 Aparición de Primordios**



**Fuente:** Autores Pasantia. Laboratorio de Biotecnología de la UAO. 2005

Los primordios requieren en promedio una semana para llegar a ser hongos adultos, que estarán listos para cosecharse cuando el sombrero se observe compacto, turgente, no flácido y antes de que sus orillas se enrollen hacia arriba. La cosecha no necesariamente se concluye en un día, por lo que deberá hacerse una selección de hongos y cortar sólo los de máximo desarrollo. Para la cosecha se recomienda usar una navaja limpia y costar el pie del hongo lo más cerca posible de la superficie de la superficie del sustrato y evitar dañar tanto al sustrato como al hongo.

La primera cosecha puede durar entre 1 a 3 días, posteriormente habrá un tiempo de receso de una a dos semanas para que se produzca el siguiente corte, durante el cual es importante mantener las condiciones ambientales adecuadas de temperatura, iluminación y humedad, para evitar daños o contaminación de las muestras. En promedio y dependiendo de la variedad de hongo y sustrato, las bolsas de setas producen entre 2 a 4 cosechas, pero las más importantes son las 2 primeras, ya que es donde se producen la mayor cantidad de fructificaciones (alrededor del 90%).

5.2.5 Utilización del buchón de agua (*E. crassipes*) como sustrato para el cultivo de hongos comestibles.

5.2.5.1 Adquisición del sustrato. Para la adquisición de *E. crassipes* se debe realizar una visita a la Corporación Regional del Valle del Cauca - CVC Buga - Valle, con el fin de obtener información sobre la ubicación la planta en las áreas de la laguna para la obtención del sustrato a evaluar.

Con la información obtenida se visita se visita la laguna con el fin de realizar la obtención de *E. crassipes*; se debe tener en cuenta, que esto implica realizar jornadas de campo en las que se recolectará el material y se deberá calcular la cantidad que se necesita para poder realizar los experimentos.

5.2.5.2 Preparación del sustrato. Para la preparación de *E. crassipes* como sustrato se requiere de diferentes actividades tales como, secado, picado, análisis bromatológico, formulaciones y pasteurización, las cuales se describen a continuación.

- Secado. Debido a que el contenido de agua de *E. crassipes* es del 93 al 96% lo más recomendable, es recoger el material que se encuentra a las orillas de la laguna, que ha sido sacado por los pescadores, de esta manera se facilita mas la labor. En caso de que el buchón sea extraído de la laguna directamente y transportado al lugar donde se realizaran las actividades de laboratorio, se recomienda entonces, ponerlo a secar ya sea en un parqueadero o área

descubierta, o por medio de la utilización de estufas u hornos especiales para tal fin. Cuando el sustrato este totalmente seco, se recolecta y almacena.

- Picado. El buchón deber ser picado a un tamaño aproximado de 1,0 a 2,0 cm, con el fin de evitar que se rompan bolsas o que se dificulte algún proceso. Para realizar esta actividad se puede utilizar una picadora.
- Análisis Bromatológico del sustrato. Después de picar el sustrato, se deben tomar muestras para luego ser enviadas a los laboratorios para su respectivo análisis bromatológico o proximal, en base seca, en el que se determina el porcentaje de carbono, nitrógeno, proteínas, carbohidratos, grasa, ceniza, humedad y calorías principalmente. Con estos resultados se pueden realizar diferentes formulaciones, con el propósito de enriquecer más el sustrato.

En nuestro trabajo de laboratorio se envió una muestra de buchón de agua a la Universidad del Valle para que se le realizara el respectivo análisis, los datos obtenidos se pueden observar en siguiente tabla:

**Tabla 6. Análisis Bromatológico del Buchón de Agua**

<b>CONSTITUYENTE EN %</b>	<b>BUCHÓN FASE FRESCA</b>	<b>BUCHÓN FASE SECA</b>
Ceniza	2.77	3.38
Fibra	2.10	27.30
Grasa	0.77	3.90
Humedad	81.60	8.62
Proteína	2.95	5.91

**Fuente:** Laboratorio de Control de Alimentos de la Universidad del Valle

Con relación al análisis bromatológico del buchón de agua en fase seca reportado en la tabla anterior muestra alto contenido de fibra, componente lignocelulósico de difícil biodegradación animal, pero gracias a este constituyente se desarrolla el micelio del hongo, ya que estos organismos son los únicos capaces de descomponer y metabolizar eficientemente la Lignina. Es por ello que el buchón es probable de utilizarse en seco, en la mezcla de sustratos para el inóculo del hongo, ya que si comparamos la tabla se observa claramente la gran diferencia con relación al porcentaje de Lignina entre el Buchón en fase seca y fresca, valores de 27.30 y 2.10 respectivamente.

- Formulaciones. Para las formulaciones se toma como base los kilos de sustrato en peso seco, teniendo en cuenta lo que se va a utilizar en cada



formulación. Después de la pasteurización se debe de pesar de nuevo para calcular el peso húmedo del sustrato. Con los docentes Julio César Wilches, Julio César Molina y Julio César Montoya se plantearon algunas formulaciones que pueden ser aplicadas, o modificadas si se desea (Tabla 8).

**Tabla 7. Formulaciones – Porcentajes**

Sustratos	Form. 1	Form. 2	Form. 3	Form. 4	Form. 5	Form. 6
	% Peso seco	% Peso seco	% Peso seco	% Peso seco	% Peso seco	% Peso seco
Buchón de Agua	78	20	68	75	10	80
Tamo de Arroz	18	68	20	20	80	10
Algodón	2.0	10	10	3.0	3.0	5.0
Carbonato de Calcio	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Leucaena	0	0	0	0	5.0	3.0

**Fuente**

- Pasteurización. Antes de la pasteurización el sustrato se remoja media hora antes para evitar la dispersión de partículas al aire; posteriormente se sumerge en agua caliente a 80 °C durante cuarenta y cinco a cincuenta (45-50) minutos y posteriormente se deja escurrir durante veinticuatro (24) horas a temperatura ambiente (24-26 °C), con el fin de extraer el exceso de agua. Después de pasteurizado el sustrato se toma una muestra del agua resultante de cada sustrato con el fin de realizar los análisis respectivos tales como pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, Metales Pesados.

5.2.5.3 Siembra y Producción. Esta tiene diferentes etapas tales como, siembra, desarrollo, crecimiento y cosecha. Posteriormente, comprende una etapa de análisis bromatológico de las setas.

- Siembra. Con base en los resultados de los análisis bromatológicos se determina la relación C/N presente en el sustrato, para establecer formulaciones. Estas debe tener como máximo cuatro componentes en diferentes proporciones.

Después de mezclar homogéneamente el sustrato de forma manual, se procede a empacar la mezcla en bolsas plásticas transparentes de 16 x 50 cm. La siembra se lleva a cabo alternando tres capas de sustrato y tres capas de

semilla o blanco del hongo al cuatro por ciento, hasta completar dos kilogramos por bolsa. Posteriormente cada bolsa plástica se cierra manualmente con un lazo de fibra de colores para diferenciar cada formulación. Todo este procedimiento se debe llevar a cabo a una temperatura entre los 25-27 °C.

- Desarrollo. Los sustratos inoculados se incuban en un cuarto estéril, en total oscuridad a 25-26 °C durante 22 días, tiempo en el cual el sustrato debe ser invadido por el *micelio*. Las bolsas inoculadas e incubadas se deben perforar al tercer día después de la siembra.
- Crecimiento y cosecha. El día 22 después de la siembra las bolsas deben ser transportadas al área de producción, con el fin de que se lleve a cabo la fructificación del hongo *Pleurotus ostreatus*. Es importante tener en cuenta la humedad, pues una humedad relativa promedio de 56 % y poca aireación dificulta el desarrollo de los primordios y las fructificaciones, los cuales requieren de una humedad relativa superior al 80 % y de buena aireación.
- Análisis Bromatológico de las setas. Al finalizar las fases de cultivo del *P. ostreatus*, se requiere determinar la eficiencia biológica y la tasa productiva para saber que formulación es la mas adecuada por medio de análisis bromatológicos. También será importante practicarle a las setas que se cosechen pruebas respectivas que permitan determinar que tanto metal pesado ha sido acumulado por estas. Así, se podrá definir si esta alternativa de control del buchón es o no una excelente herramienta y si los hongos producidos en el sustrato de *E. crassipes* son o no aptos para el consumo humano.

5.2.6 Problemas en la preparación de medios de cultivo y de inóculo, en la siembra y cosecha de los hongos, contaminantes, plagas y enfermedades.

- *En medios de cultivo*. Estos pueden no solidificarse a causa de cantidad insuficiente de medio de cultivo en el agua o viceversa, como también por desnaturalización (caramelización) del medio por exceso de tiempo en la esterilización. Igualmente puede presentarse contaminación del medio antes de ser inoculado debido a mal vaciado en cajas de Petri o tubos, o por exposición por mas de 24hrs al medio ambiente.
- *En aislamiento y conservación de sepas*. Se presentan 3 problemas principales; el primero, es que no germinan las esporas, ya sea por diluciones

inadecuadas, pH del medio incorrecto, o por esporada con mucho tiempo de almacenamiento. Como segundo problema, no crecen los fragmentos (tejidos) transferidos debido al cambio de pH, contaminación de los fragmentos, pinzas demasiado calientes o por que el hongo tiene la “carne” maltratada. Y tercero, puede haber un lento crecimiento del micelio provocado por la degeneración de la cepa.

- *En inóculo.* Los frascos o bolsas se rompen al abrirse porque la presión del autoclave se baja rápidamente, los frascos o bolsas se meten muy apretadas o porque estén defectuosas. Así mismo, los granos de las bolsas o frascos no se separan entre sí debido a que hay demasiada cantidad de grano en los recipientes o demasiada agua. Los granos también pueden contaminarse antes de la inoculación debido a mala esterilización, a que el grano este demasiado caliente cuando lo inoculen o demasiado seco, la temperatura de incubación sea la inadecuada o la cepa esta envejecida.

Puede ocurrir contaminación después de la inoculación por malas condiciones o descuidos en la inoculación; así mismo, pueden aparecer en el inóculo gotas amarillas debido a que el frasco o la bolsa son incubadas por períodos largos o a más alta temperatura de la óptima, que causa dicha exudación debido al incremento del metabolismo del hongo.

- *En la siembra y cosecha.* Existen 4 problemas principales que se presentan en esta etapa. El primero es la propagación lenta del inóculo en el sustrato por causas diferentes como: la siembra en un sustrato caliente, un inóculo de mala calidad (proveniente de una cepa envejecida), contaminación por moscas o falta de oxígeno. El segundo es la contaminación por mohos debido a mala pasteurización, malos manejos o demasiada exposición del sustrato al medio ambiente en el enfriamiento y por falta de asepsia. En tercer lugar, no se forman los primordios, ya sea por alto contenido de CO<sub>2</sub>, baja humedad del ambiente, insuficiente incidencia de luz o cepa indeficiente. Por último, las fructificaciones se desarrollan mal (anormales) por alto nivel de CO<sub>2</sub>, temperatura muy alta, insuficiente iluminación, humedad baja o sustrato inadecuado.

Los contaminantes aparecen por lo general en la fase de incubación y esto es debido principalmente a la mala pasteurización del sustrato, al mal manejo del mismo o a la falta de higiene en el momento de la siembra. Los contaminantes son hongos (mohos), bacterias y levaduras siendo los de mayor importancia los hongos como *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus neurospora*, *Mycogone* y *Coprinus*, entre otros. Estos hongos aparecen en forma de manchas verdes, amarillentas, negras y/o anaranjadas sobre el sustrato, invadiéndolo de forma rápida y evitando el crecimiento micelial de las setas. Su presencia se ve favorecida por la alta humedad en el ambiente y en el sustrato, así como por alta

temperatura, luz directa y sustrato mal pasteurizado, entre otros (Figura 44, 45 y 46).

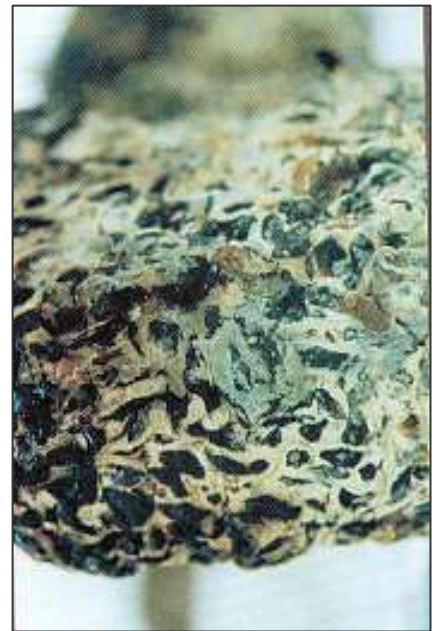
**Fig. 44** Muestra contaminada por *Trichoderma* en forma de manchas verdes.



**Fig. 45** Contaminación causada por *Coprinus*, véase las manchas negras provocadas por este hongo.



**Fig. 46** Muestras de *Pleurotus* en pulpa de café invadida por el moho verde *Trichoderma*.



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002 (Fig. 44, 45 y 46).

Las plagas las constituyen insectos que atacan a los cultivos tanto en incubación como en el área de producción, atraídos por el olor del sustrato, estos insectos son de las llamadas “moscas de los hongos” como los Dípteros del género *Lycoriella* que proponen sus jebecillos en el sustrato donde en un principio se alimentan del micelio del hongo y después de las fructificaciones adultas. Otros insectos comunes en los cultivos de setas son las llamadas “catarinas”: pequeños escarabajos de los géneros *Mycotretus* y *Pseudyschirus* que se comen los hongos en desarrollo (figuras 47 y 48).

**Fig. 47** Muestra invadida por insectos, véase el nulo crecimiento del micelio causado por la presencia de esta plaga



**Fig. 48** Daño provocado por insectos en fructificaciones del hongo seta.



**Fuente:** Gaitán-Hernández. Manual práctico del cultivo de setas. 2002 (Fig. 45 y 46).

Las enfermedades que manifiestan en las fructificaciones son causadas en gran medida por bacterias y virus. Estos microorganismos se propagan rápidamente a través del agua, de insectos o utensilios sucios, por lo que su tratamiento y control es realmente difícil. Las enfermedades se favorecen con la humedad excesiva, el calor y una escasa ventilación, provocando que en los píleos de los hongos, aparezcan zonas de color amarillo, anaranjado o café, que se pudren con rapidez y despiden un mal olor, afectando los rendimientos de producción. Una de las principales bacterias que causan estas manchas en las fructificaciones son las *Pseudomonas*.

## **6 ANÁLISIS DEL TRABAJO REALIZADO EN EL LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA UAO**

En lo referente a la preparación de medio de cultivo, al inicio se presentaban dificultades en el momento en que se disponía el medio a ser vertido en tubos de ensayo o cajas de Petri porque se solidificaba rápidamente causando en ocasiones que este material se perdiera; por ello, se procuró hacerlo de manera ágil y segura.

Con relación a la multiplicación de medios de cultivo, es mucho mejor si el micelio se sitúa hacia abajo tocando el medio de cultivo, así se propaga rápidamente teniendo un mayor desarrollo; además si se ubica en centro, da la posibilidad de medir la velocidad de crecimiento. Pero lo anterior, también depende de cual sea la parte del micelio que se toma para hacer la multiplicación, pues encontramos que el micelio del borde de la caja de petri es más vigoroso que el del centro, debido a que el micelio se va propagando en forma radial. El principal problema en esta etapa es la utilización de sepas antiguas porque se demoran en crecer, lo cual se corrigió desechándolas; además, porque el medio de cultivo se tornaba de color amarillo, indicando que ya se habían consumido todos los nutrientes.

La contaminación de las sepas en algunas ocasiones fue por causa de manipulación de diferentes asas; es decir, no se determinaba una sola asa por sepa y en otras, por el tiempo en que se dejaba el recipiente expuesto al ambiente mientras se estaba haciendo la multiplicación. En este último punto, hallamos que la contaminación es mucho menor en tubo de ensayo o caneca que en caja petri, debido al área tan reducida de exposición.

El manejo de la temperatura es un factor importante en esta etapa, ya que cuando el asa se dejaba caliente, se terminaba por arruinar el micelio evitando que este creciera, por ello se procedía a introducir el asa debajo del medio de cultivo con el fin de que se enfriara y así evitar dañar el micelio.

La preparación de la semilla del hongo se realizó principalmente con sorgo por ser el más económico, aunque se utilizó la cebada y el arroz se obtuvieron algunos problemas debido a la consistencia del grano, pues quedaba muy húmedo dando lugar a la presencia de competidores; es decir, otros hongos. Cabe anotar, lo indispensable que resulta el tomar apuntes cuando se esta preparando algo, ya que evita olvidar algunas cosas que deban hacerse; así, se consigue una

estandarización que permita realizar comparaciones de resultados y determinar por que razón se obtuvo mejor rendimiento con X o Y procedimiento.

En la preparación del sustrato una de las principales ventajas que se obtienen al picarlo es que aumenta la superficie de contacto para el hongo, procurando que este invada el sustrato de forma homogénea.

El éxito del trabajo de laboratorio depende notoriamente de la asepsia que se tiene desde el comienzo hasta el final de todos los procesos. La utilización de procedimiento, que eviten la contaminación y la aplicación correcta de medidas fitosanitarias en los materiales durante todo el proceso de producción de micelios y fructificación, es de gran importancia, pues los ataques de plagas u otros hongos pueden incidir negativamente en la productividad, o incluso impedir la fructificación. En estas experiencias se utilizó la limpieza del piso con cloro y la aplicación de peróxido revisando periódicamente la presencia de contaminación; no se observó ningún ataque grave, ya que estos experimentos se realizaron en condiciones controladas de laboratorio.

Es necesario anotar que aunque se presentaba colonización del micelio en el sustrato (tamo de arroz), en algunos no hubo formación de primordios, ni por ende fructificaciones debido principalmente a que formado el micelio no se mantuvo estable la temperatura óptima para su desarrollo y crecimiento; en otros, aunque hubo presentación de primordios tampoco se llegó a las fructificaciones a causa de poca humedad, tanto en el ambiente del sitio de incubación como en la aplicación que se debía suministrar directamente al sustrato.

## 7 CONCLUSIONES

- Las comunidades de pescadores de El Porvenir y Yotoco principalmente, ven frustradas sus esperanzas de obtener las utilidades deseadas para su sustento y el de sus familiares, debido a que la escasa profundidad de la laguna en épocas de caudal mínimo y la continuidad pesquera, han limitado la regeneración y el desarrollo de especies nativas como el bocachico, el bagre y el barbudo.
- Uno de los mayores problemas que afecta la zona de la reserva, lo constituye la colocación de cercas divisorias de potreros entre diferentes predios aledaños a la zona lagunar, pues al ser intervenidas con la presencia de vacunos y equinos se contribuye a la degradación del medio, especialmente en las épocas de descenso del nivel de agua, donde se forman playones con abundante regeneración de especies herbáceas de tipo pantanoso convenientes para la continuidad de la cadena alimenticia.
- Es evidente que la eliminación de las conexiones naturales del río Cauca es la causa principal de que *E. crassipes* se haya convertido en maleza en la Laguna de Sonso; pero mientras la laguna permanezca confinada y la comunidad junto con las autoridades locales sigan indiferentes a toda esta problemática, las plantas que actualmente no tiene ningún control continuarán presentando mayores problemas por su crecimiento, lo que en un futuro provocará la desaparición de esta reserva natural.
- Debido a que el costo del manejo del buchón de agua es tan alto, se hace necesario proporcionar métodos de control económica y ambientalmente sostenibles a fin de ofrecer soluciones a largo plazo contra la invasión de la planta.
- Al estructurarse un programa de control integrado de *E. crassipes* (técnicas adecuadas aplicadas en el momento oportuno), este deber hacerse de acuerdo a las características de la Laguna de Sonso; ejecutándose así mismo, un programa de mantenimiento del control año tras año con el fin de minimizar el costo del manejo de la maleza, puesto que este es el principal problema de nuestro Departamento al no existir una conciencia del peligro que representa la invasión de esta planta.



- El control mecánico será necesario en el momento de grandes invasiones del buchón de agua con el fin reducir la cobertura, pero es importante dejar un remanente de donde se pueda obtener la planta para realizar respectivos análisis o experimentar propuestas, ya sea con agentes biológicos, utilizando el cultivo de hongos o creando un nivel permanente de estrés, lo que conduce a largo plazo a un control efectivo.
- Es importante lograr un manejo integrado de *E. crassipes* en la comunidad lagunar de Sonso, debido a que las formaciones de este son un hábitat muy apropiado para el desarrollo de muchos grupos de invertebrados, y en este caso la Laguna juega un papel valioso como soporte de diversas formas biológicas, refugio de fauna, sitio de paso de aves migratorias, ofreciendo también pesca y recursos silvestres a la población local y manteniendo a la vez un sistema hidrológico natural.
- Al incluir el cultivo de los hongos comestibles en los programas de desarrollo ecológico y mejoramiento del medio ambiente no solo se estaría dando un control sobre *E. crassipes*, sino también una alternativa a la población con la cual puedan sustituir o compensar las actividades de pesca de las cuales depende su sustento y que están siendo afectadas por la problemática de la Laguna de Sonso.
- El buchón de agua es un buen sustrato para el desarrollo del micelio debido a su alto contenido de fibra y por lo tanto, *P. ostreatus* resulta ser un excelente biodegradador del mismo, al poder descomponer y metabolizar la lignina presente en *E. crassipes*.
- Antes de implementar cualquier propuesta de control de *E. crassipes* se deben practicar los estudios técnicos que indiquen en que momento la planta puede ser aplicable como bioabono, alimento para animales o en la producción de hongos comestibles.
- Debido a que la Laguna de Sonso es un campo abierto para la investigación, es fundamental que haya un compromiso por parte de estudiantes e investigadores que planteen propuestas referentes a mitigar los impactos de la laguna para que haya una continuidad de las ideas o proyectos, como también de las autoridades, para que estas aseguren el poder contar con un presupuesto que ayude a implementar los proyectos; puesto que de no ser así, simplemente se llegará a propuestas que no se alcanzan a desarrollar.

- Los comités interinstitucionales, la CVC, el Ministerio de Transporte, INVIAS, y demás entidades deben establecer acuerdos con tiempos prudenciales, que evite el incumplimiento de solicitudes requeridas y permitan cumplir con lo prometido, dando prontas y efectivas respuestas a dichas solicitudes.
- El estudio, conocimiento, valoración y cultivo de los hongos comestibles debe ser uno de los principales objetivos de la investigación en nuestro país, pues a pesar de la gran biodiversidad con que contamos, conocemos muy poco acerca de ellos.
- Esta propuesta y quizás otras que se puedan ofrecer como alternativa, deben ser atendidas teniendo en cuenta parámetros mínimos ambientales, sociales, técnico – financieros, políticos y administrativos, de los cuales depende el manejo de la Laguna de Sonso, como también se deben realizar todos los estudios pertinentes, ya que sin ellos en lugar de obtener una solución se estaría agravando la problemática ambiental y social que esto conlleva.

## 8 RECOMENDACIONES

- La información disponible permitió realizar la caracterización de algunos de los principales aspectos y procesos físicos del ecosistema lagunar de Sonso. Sin embargo, se debe continuar con investigaciones y programas de campo con el fin de actualizar y complementar los estudios, como son investigar cargas de sedimentos, incluir programas de monitoreo, realizar estudios de aguas subterráneas, de aporte de nutrientes y análisis al buchón de la laguna sobre su composición, entre otros.
- Se deben establecer programas escolares de concientización y educación sobre los problemas causados por el buchón de agua en la laguna, dirigidos a todos los sectores de la comunidad con el propósito de que la población colabore proponiendo alternativas de solución.
- La responsabilidad para evaluar la propagación del buchón de agua y establecer su control debe ser conferida a una agencia del gobierno central con autoridad y fondos para actuar.
- El control biológico reduce el vigor de *E. crassipes* cuando es combinado con las condiciones ambientales, la fenología de la planta y el uso integrado de otras opciones de manejo como es el cultivo de hongos comestibles, aprovechando como sustrato la planta. El sólo uso del agente de biocontrol no asegura por si mismo el éxito del control del buchón de agua, ya que debería formar parte de un programa de control integrado que incluya visitas técnicas en el momento adecuado para evaluar el proceso realizado.
- En el caso de una invasión severa puede ser necesaria una cobertura amplia con la aplicación de varias técnicas como el control químico y/o mecánico. Una vez que la invasión ha sido reducida a un nivel que facilite su manejo, los agentes de control biológico pueden ser utilizados.
- Para determinar el impacto de los agentes de biocontrol sobre la maleza, antes y después de su implementación, es necesario hacer una evaluación de la

biomasa y de la densidad de las plantas (peso fresco y número de individuos por unidad de superficie).

- Con respecto al cultivo de hongos comestibles, las técnicas de preparación de medios, aislamiento y mantenimiento de cepas requieren de una asepsia absoluta; por ello, debe realizarse correctamente la esterilización tanto de los medios de cultivo como del material que se utiliza para la obtención de las cepas, como también limpieza continua de áreas de trabajo ya que de no tener cuidado con ello se podrían presentar problemas de contaminación. Se recomienda utilizar alcohol al 70% e hipoclorito al 10%.
- Para evitar problemas de contaminación por bacterias u hongos en la semilla, se debe controlar el contenido de humedad del grano, tomar en cuenta que la temperatura y el tiempo de esterilización sean los indicados, y cuidar la asepsia y limpieza de los utensilios empleados en la inoculación.
- Para la preparación del inóculo primario es más práctico utilizar bolsas de polipropileno, dado que son baratas, resistentes al calor y la semilla se puede manipular mejor. Es importante verificar que los granos no hayan sido tratados químicamente (plaguicida y/o fungicida). El inóculo almacenado más tiempo del recomendado puede ser utilizado si no presenta contaminación y/o perforación de la bolsa, pero la invasión sobre el sustrato será más lenta, retrasando la aparición de fructificaciones y disminuyendo la producción.
- Si se utilizan pajas o rastrojos, deben ser cortados en segmentos de 5 a 10cm por medio de una picadora eléctrica u otro instrumento que permita obtener el mismo resultado. Esto permitirá una mejor retención de la humedad en el sustrato, evitará que las bolsas se rompan en el momento de la siembra, logrando que el micelio del hongo invada el sustrato con mayor facilidad.
- Es importante que la temperatura de pasteurización se mantenga estable, ya que si se eleva demasiado puede ocasionar cambios en la composición química del sustrato provocando la solubilización de azúcares simples, con lo que lo predispone a una mayor invasión de hongos contaminantes que impiden el buen desarrollo de la seta. Si se pasteuriza a temperaturas inferiores de 55°C se evita destruir organismos competidores presentes en el sustrato. Igualmente, es importante verificar que los sustratos no hayan sido previamente tratados con plaguicidas o fungicidas.

- Para el caso de aparición de hongos contaminantes se debe tener control en la temperatura y tiempo de pasteurización del sustrato, de su manejo e higiene en el momento de la siembra, además de desechar inmediatamente las muestras en las que aparezcan manchas verdes, como medida de control de la propagación contaminante a muestras sanas.
- El ataque por bacterias es difícil de eliminar, por lo que los hongos infectados tendrán que cortarse y desecharse; también se recomienda evitar el riego en el momento de detectar algún síntoma de contaminación en las fructificaciones ya que el escurrimiento del agua provocaría la propagación de la enfermedad.
- El control de contaminantes, plagas y enfermedades, depende en gran medida de la higiene en el personal y las instalaciones, esto es, se debe hacer limpieza periódica de pisos, paredes, mesas de trabajo y utensilios.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

Abriendo campo. Programa del Canal Regional de Telepacífico [Videograbación] Setas de Colombia. 2005. 1 videocasete (30min).

ANON. Guidelines for the use of Herbicides in or near Water. Department of Resources y Energy; Australian Water Resources Council. Australian Government Publishing Service, Canberra. 1985. 120p.

ATEHORTÚA L. El papel de los hongos en la bioindustria. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.1995. 153p.

AUPEC. Ciencia al día. Hongos: Riqueza de la naturaleza poco explotada [En línea]. Santiago de Cali [Consultada septiembre de 2005]. Disponible en internet: <http://Aupec.univalle.edu.co/informes/abril97/boletin34/hongos.html>.

BARRETT S.C.H. Waterweed Invasions. Scientific American. October of 1989 135p.

BRISTOW J.M., J. CARDENAS, T.M. FULLERTON, J, SIERRA. Sf Malezas acuáticas. ICA. Santa fe de Bogotá. 104p.

BRIZUELA M.A; GARCÍA L; PÉREZ L y MANSUR M. Basidiomicetos: nueva fuente de metabolitos secundarios. Rev Iberoam Micol. 1998.15: 85p.

CARDONA U.L.F. Anotaciones acerca de la bromatología y el cultivo del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. Crónica Forestal y del Medio Ambiente. 2001. 16: 123p.

CARTA de Eduardo Velasco Abad. Director Ambiental Regional Centro Sur. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Buga. Febrero 6 de 2006.

CEICOS. Monitoreo limnológico del sistema acuático del entorno del complejo industrial de Barrancabermeja: informe para ECOPETROL. 1994. 170 p.

CHANG S.T. A Global Strategy for the Bioconversions of Lingnocellulosic. Biomasa – a Challenge of a “non – green revolution”; ZERI Newssletter. 1998. 45p.

CHANG S.T y MILES G.P. Biología de las Setas. Fundamentos Básicos y Acontecimientos Actuales. Publicado por Instituto ZERI para América Latina. 1999. 54p.

CHANG, S.T.y P.J. Miles. Edible mushrooms and their cultivation. CRC Press, Boca Ratón. 1989. 23p

Copyright: H. T. Odum *et al.* "Environmental Systems and Public Policy". [En línea]. Ecological Economics Program. University of Florida, Gainesville 32611, USA. 1988 [Consultada en Agosto de 2005]. Disponible en internet: <http://www.unicamp.br/fea/ortega/eco/crc.htm>

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca OGAT Centro Sur [En línea]. Instituto de Piscicultura Buga. [Consultada en Julio de 2005]. Disponible en internet: <http://lagunasonso.tripod.com/index.html>.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. OGAT Centro Sur Proceso 2. Subdirección de Recursos Naturales. División de Cuencas Hidrográficas. Sección Conservación y Control. Manejo de áreas protegidas. Reserva Natural Laguna de Sonso. Palmira. Septiembre de 1990. 127 p.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Grupo de Gestión Ambiental. Centro de datos para la conservación. Comparación de cobertura de bosques y humedales entre 1957 y 1986 con delimitación de las comunidades críticas en el Valle Geográfico del río Cauca. Cali, Diciembre de 1990. 140 p.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.. Subdirección de Recursos Naturales. Grupo de Gestión Ambiental. Estudio de Impacto Ambiental al Proyecto de Dragado y Disposición Final de los Lodos de la Laguna de Sonso. Cali, Octubre de 1991. 95 p.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.. Subdirección de Recursos Naturales. Evaluación de la Situación Actual de la Laguna de Sonso. Cali. Mayo de 1988. 83p.

DONSELAAR J. van. Water y marsh plants in the artificial Brokopondo Lake (Surinam, S. America) during the first three years of its existence. Acta Botánica Neerlandica 1968. **17**: 204p.

FAJARDO H. Supertino. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección regional Centro Evaluación Socioeconómica del proyecto Manejo Sostenible de la Reserva Natural Laguna de Sonso. Centro de Educación Ambiental Buitre de Ciénaga. Programa Conservación y Restauración del la biodiversidad. Buga Marzo de 2002. 62p.

FERNÁNDEZ, Juan. Estudio de los cambios de biomasa de la vegetación acuática flotante de la laguna de Sonso. 1990. 43 p.

FERNÁNDEZ, Juan, QUINCENO, Carlos. Plan de Manejo de la Laguna de Sonso años 1993-1997. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. Centro de Datos para la Conservación. Cali, Diciembre de 1992. 86p.

FRANCE A. Producción de hongos comestibles. Boletín INIA No 23. 2002. 28p.

GAITAN-HERNÁNDEZ, D. SALMONES, R. PÉREZ MERLO Y G. MATA. Manual práctico del cultivo de setas. Aislamiento, siembra y producción. Instituto de Ecología de Xalapa, Veracruz, México. 2002. 56p.

GUZMAN, Gastón, G. MATA, D. SALMONES, C. SOTO-VELAZCO, L. GUZMÁN - Dávalos. El Cultivo de los Hongos Comestibles. Instituto Politécnico Nacional. Xalapa - Veracruz. México D.F. 1993. 245p.

GLOBAL INVASIVE SPECIES DATABASE. *Eichhornia crassipes* (planta acuática) [En línea]. [Consultada en Septiembre de 2005]. Disponible en internet: [www\\_invasivespecies\\_net-database-species-ecology\\_aspsi=70&fr=1&sts=sss](http://www.invasivespecies_net-database-species-ecology_aspsi=70&fr=1&sts=sss).

GOPAL B. y K.P. SHARMA. Water-Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) the most troublesome weed of the world. Hindasia, Delhi. 1981. 75p.



GUZMÁN, J.E. Producción de setas comestibles *Pleurotus pulmonarius* a partir de residuos agropecuarios de la zona de Minatitlan-Cosoleaca, Veracruz. 2000b. En: Memorias del I simposio de cultivo de hongos comestibles (Resúmenes). Xalapa, Veracruz.

HARLEY, K.L.S. *Survey of water hyacinth and other floating aquatic weeds in Guyana*, Unpublished report of a consultancy. Commonwealth Science Council, London. 1992. 235p.

HARLEY K.L.S. y I.W. FORNO. Management of aquatic weeds. Biological control by means of arthropods. En: A.H. Pieterse y K.J. Murphy (Eds.), *Aquatic Weeds*, Oxford University Press, Oxford. 1989. 201p.

HOLM L.G., D.L. PLUCKNETT, J.V. PANCHO y J.P. HERBERGER. *The World's Worst Weeds. Distribution and Biology*. The University Press of Hawaii, Honolulu. 1977. 45p.

HOWARD-WILLIAMS C. y K. THOMPSON The conservation and management of African wetlands. En: P. Denny (Ed.). *The Ecology and Management of African Wetland Vegetation*, W. Junk, Dordrecht. 1985. 238p

JAMIESON G.I., C. KERSHAW y R.J. CIESIOLKA. Water hyacinth control on the lower Fitzroy River. *Journal Aquatic Plant Management*. 1977. **15**: 15p.

JARAMILLO, Jorge H. Hallan fórmula para acabar el buchón. Sustancias orgánicas, la clave para erradicar planta del humedal [En línea]. En Redacción El País. Buga. [Consultada en Octubre 31 de 2002]. Disponible en internet: <http://elpais-cali.terra.com.co/historico/oct312002/REG/C431N5.html>.

KAFURY, Sánchez Omar. GÓMEZ, Luís Fernando. LIBREROS, Libia. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección de Recursos Naturales. División de Cuencas Hidrográficas. Sección Conservación y Control. Programa de Parques y Reservas. Reserva Natural Laguna de Sonso. Plan Indicativo. Febrero de 1987. 36p.

Laguna de Sonso tendrá ecoguías [En línea]. En Redacción de El País. [Consultado en Enero 04 de 2005]. Disponible en internet: <http://elpais-cali.terra.com.co/historico/ene042005/REG/B404N1A.html>.

LIMON L.G. 1984. Mexican agency studies aquatic weeds. *Aquaphyte*, Fall 1984, 10p.

MARTINEZ JIMENEZ, Marcela. Progresos en el manejo del jacinto de agua (*E. crassipes*). Manejo de malezas para países en desarrollo (Addendum I) [En línea]. Departamento de agricultura. Depósito de documentos de la FAO. [Consultado en Septiembre de 2005]. Disponible en internet: [www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.htm](http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s00.htm).

MASCOTTI, Mariana, A. DEL PINO, S. MARIANI, L. M. LARDONE y G. TORRES. Cultivo de Hongos Comestibles: Otra alternativa [En línea]. INTA INFORMA N° 40 Publicación Semanal de La Dirección De Comunicaciones – Chile – Septiembre de 1999. [Consultado en agosto de 2005]. Disponible en internet: [http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/1999/40\\_septiembre\\_99.htm](http://www.inta.gov.ar/info/intainfo/ant/1999/40_septiembre_99.htm)

MATTHEWS L.J., B.E. MANSON y B.T. COFFEY Longevity of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms) seed in New Zealand. *Proceedings 6th Asian-Pacific Weed Science Conference of 1968*. 1977.1: 315p.

MITCHELL D.S. African aquatic weeds and their management. En: P. Denny (Ed), *The Ecology and Management of African Wetland Vegetation*, W. Junk, Dordrecht. 1985. 225p.

OLVERA, V.V. Biología y ecología del lirio acuático. Control y aprovechamiento del lirio acuático en México. Instituto Mexicano de Tecnología del agua. México 1989. 46p.

ORTIZ, Omar A. Reserva natural laguna de Sonso. Universidad del Valle. Sede Buga. 2000. Facultad de Tecnología Electrónica. Asignatura Ecología y Medio Ambiente. 26p.

PATIÑO, Román. Se acabo la Cachama y la Tilapia Porque? [En línea]. En Revista Imagen de los Vallecaucanos. Buga. [Consultada en enero de 2006]. Disponible en internet: [http://imagendelosvallecaucanos.com/principales/yotoco/articulos/laguna\\_sonso/index.htm](http://imagendelosvallecaucanos.com/principales/yotoco/articulos/laguna_sonso/index.htm)

PAULI, G. Diversificación del trópico. Instituto Zeri para Latinoamérica. Santa fe de Bogotá D.C. 1999. 201 p.

RAMIREZ, Libardo. Jefe proyecto Laguna de Sonso. Memoria del Proyecto de la Reserva Natural de la Laguna de Sonso. Informe CVC # 73-4. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.. Marzo 16 de 1973. 19 p.

RAY P.M. La planta viviente. Continental. México. 1970. 271 p.

REDDY, R.R, EM, D'ANGELO. Biomasa Field and Nutrient Renoval by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) as influenced by Hasvesting Frequency Biomass. England. 1990. 72 p.

RESTREPO R, M. CARDEÑOSA. Eficiencia del jacinto de agua (*Eicchornia crassipes*) en la remoción de cloruros. Ainsa. 18 p.

RIOS H.A; MEDINA R.M.A; TORRES T.M.G; BARRIOS A.L y MOSQUERA, M.L.H. Evaluación de sustratos para la producción de las setas *Pleurotus sajor cajú* y *Ganoderma lucidum* en el Municipio de Quibdó. Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó, 2001. No 14: 23p.

ROJAS D. Empleo de plantas acuáticas en la depuración de aguas residuales Medellín. 1991. Trabajo de grado para optar al título de Químico. Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias exactas y naturales. Departamento de química.

ROLDAN G. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. 1992. 529 p.

RYDING, S y RAST, W. (Eds.). El control de la eutrofización en lagos y pantanos. Ediciones Pirámide, Madrid y UNESCO, París. 1992. 375 p.

SCULTHORPE C.D. *The Biology of Aquatic Vascular Plants*. Edward Arnold (Publishers) Ltd. London. 1971. 610p.

SILVA M. Juan Carlos. Manejo de *Eicchornia crassipes* en un sistema léntico eutroficado. Caso ciénaga Miramar – Barrancabermeja. Santiago de Cali. Febrero de 1998. Trabajo de grado para optar por el título de Biólogo con énfasis en Biología Marina. Universidad del Valle. Facultad de Ciencias naturales.

SMITH L.W., R.E. WILLIAMS, M. SHAW y K.R. Green A water hyacinth eradication campaign in New South Wales, Australia. En: G. Thyagarajan (Ed.). *Proceedings International Conference on Water Hyacinth, February 1983, Hyderabad, India*. UNEP, Nairobi. 1984. 980p.

STAVINOHA W.B; SATSANGI H AND WEIRETRAUS S.T. Estudios de la Eficiencia Antinflamatoria de *Gonoderma Lucidum*, en *Recent Advances in Gonoderma lucidum Research*. Ed. Por B.K. Kim and V.S. Kim. The Pharmaceutical Society of Korea. 1995. 236p.

TORRES T.M.G; RIOS H.A; MEDINA, R.M.A y otros. Distribución de algunos géneros de macromicetos en el municipio de Quibdó. *Revista Institucional de la Universidad Tecnológica del Chocó*, 2002b.No 16: 65p.

VIÑA, G.R. RESTREPO, J. MOJICA. El bentos y los organismos asociados a macrófitas en ecosistemas de planos de inundación. Segundo Seminario Nacional de Limnología. Asociación Colombiana de Limnología. 1994. 82p.

WRIGHT A.D. y T.D. Center. Biological control: Its place in the management of water hyacinth. En: G. Thyagarajan (Ed.). *Proceedings International Conference on Water Hyacinth, February 1983, Hyderabad, India*. UNEP, Nairobi. 1984. pp 983p.