

APENDICE G

CONTROL DE PLANTA ACUATICA DE LA LAGUNA

APENDICE G

CONTROL DE PLANTA ACUATICA DE LA LAGUNA

Tabla de Contenido

| | | |
|---------------------|---|-------------|
| CAPITULO I | FAUNA Y FLORA EN EL AREA DE ESTUDIO | G-1 |
| 1.1 | Fauna y Flora en la Cuenca | G-1 |
| 1.1.1 | Fauna | G-1 |
| 1.1.2 | Flora | G-1 |
| 1.2 | Pláncton, Peces y Animales Acuáticos en la Laguna | G-1 |
| 1.2.1 | Pláncton | G-2 |
| 1.2.2 | Peces | G-2 |
| 1.2.3 | Animales Acuáticos | G-2 |
| CAPITULO II | PLANTAS ACUATICAS EN LA LAGUNA | G-4 |
| 2.1 | Cambios Históricos de las Plantas Acuáticas | G-4 |
| 2.1.1 | Cambios en la Morfología de la Laguna y las Plantas Acuáticas | G-4 |
| 2.1.2 | Cambio de Especies | G-7 |
| 2.2 | Plantas Acuáticas Existentes | G-7 |
| 2.2.1 | Plantas Sumergidas | G-7 |
| 2.2.2 | Plantas de Hojas Flotantes | G-8 |
| 2.2.3 | Plantas Flotantes | G-8 |
| 2.2.4 | Plantas Emergentes | G-8 |
| 2.3 | Estudio de Biomasa | G-9 |
| 2.3.1 | Plantas Sumergidas | G-9 |
| 2.3.2 | Plantas Flotantes | G-10 |
| 2.3.3 | Plantas Emergentes | G-11 |
| 2.4 | Experimento de Reproducción de la Elodea Brasileira | G-12 |
| 2.4.1 | General | G-12 |
| 2.4.2 | Reproducción luego de la Cosecha Mecánica | G-12 |
| 2.4.3 | Reproducción después de una Remoción Total | G-13 |
| CAPITULO III | MEDIDAS DE CONTROL DE PLANTAS ACUATICAS | G-15 |
| 3.1 | Necesidad de Control de las Plantas Acuáticas | G-15 |
| 3.1.1 | Proyección del Area Futura de Plantas Acuáticas | G-15 |
| 3.1.2 | Problemas Causados por el Exceso de Plantas Acuáticas | G-16 |
| 3.2 | Posibles Medidas de Control | G-18 |
| 3.2.1 | Reducción de la Entrada de Nutrientes | G-18 |

| | | | |
|--------------------|-------|---|-------------|
| | 3.2.2 | Dragado del Lecho de la Laguna..... | G-19 |
| | 3.2.3 | Recolección de Plantas Sumergidas | G-19 |
| | 3.2.4 | Remoción de Plantas Flotantes..... | G-20 |
| | 3.2.5 | Control de las Plantas Acuáticas por Carpa Herbivora | G-20 |
| 3.3 | | Experimento de Campo para Medidas de Control de las Plantas Acuáticas..... | G-22 |
| | 3.3.1 | Experimento para Utilizar la Elodea como Fertilizante | G-22 |
| | 3.3.2 | Experimento de Abono de Plantas Acuáticas..... | G-25 |
| | 3.3.3 | Experimento de Control de Plantas Acuáticas con Carpa Herbívora | G-30 |
| 3.4 | | Selección del Uso Optimo de Plantas Acuáticas..... | G-33 |
| | 3.4.1 | Uso de Plantas Sumergidas Cosechadas (Elodea)..... | G-33 |
| | 3.4.2 | Uso de Plantas Acuáticas Recogidas (Buchón)..... | G-35 |
| CAPITULO IV | | PLAN PROPUESTO DE CONTROL DE PLANTAS ACUATICAS | G-38 |
| 4.1 | | Trabajos Propuestos de Control de Plantas Acuáticas | G-38 |
| | 4.1.1 | Dragado del Fondo de la Laguna..... | G-38 |
| | 4.1.2 | Recolección/Remoción y Conversión en Abono de Plantas Acuáticas..... | G-39 |
| | 4.1.3 | Control por Carpa Herbivora..... | G-43 |
| 4.2 | | Costo Calculado | G-45 |
| | 4.2.1 | General | G-45 |
| | 4.2.2 | Costo de Dragado en la Laguna..... | G-46 |
| | 4.2.3 | Costo de Recolección/Remoción y Procesamiento de Abonode Plantas Acuéticas | G-47 |
| | 4.2.4 | Costo de Control de Plantas Acuáticas por Carpa Herbivora..... | G-50 |
| 4.3 | | Programa de Implementación..... | G-51 |
| REFERENCIAS | | | G-52 |

Lista de Tablas

| | | |
|-------------|--|-------|
| Tabla G.1.1 | Resultados Anteriores sobre el Estudio de la Fauna | G-T1 |
| Tabla G.1.2 | Resultado del Estudio sobre Fauna | G-T2 |
| Tabla G.1.3 | Resultado del Estudio sobre Flora | G-T3 |
| Tabla G.1.4 | Estudio Anterior sobre Fitoplancton en la Laguna de Fúquene..... | G-T4 |
| Tabla G.2.1 | Areas de Elevación del Lecho en 1984..... | G-T6 |
| Tabla G.2.2 | Areas de Elevación del Lecho en 1997..... | G-T6 |
| Tabla G.2.3 | Estudio sobre Plantas Acuáticas | G-T7 |
| Tabla G.2.4 | Resultados de la Biomasa Examinada de Buchón | G-T8 |
| Tabla G.2.5 | Resultados de Biomasa Examinada de Plantas Emergentes | G-T9 |
| Tabla G.4.1 | Proyección del Area de Planta Acuática | G-T10 |
| Tabla G.4.2 | Consumo Anual de Carpas Herbivoras | G-T11 |
| Tabla G.4.3 | Costo de Inversion de Cosecha y Compostaje de Plantas Acuaticas (Proyecto Piloto)..... | G-T12 |
| Tabla G.4.4 | Costo Anual de O&M del Corte y Compostaje de Plantas Acuaticas (Proyecto Piloto)..... | G-T13 |
| Tabla G.4.5 | Costo de Inversion para Corte y Compostaje de Plantas Acuaticas (Proyecto en Gran Escala) | G-T14 |
| Tabla G.4.6 | Costo Anual de O&M del Corte y Compostaje de Plantas Acuaticas (Proyecto en Gran Escala) | G-T15 |
| Tabla G.4.7 | Programa de Implementacion del Control de Plantas Acuaticas | G-T16 |

Lista de Figuras

| | | |
|------------|--|------|
| Fig. G.2.1 | Mapa Batimetrico de la Laguna de Fúquene en 1984..... | G-F1 |
| Fig. G.2.2 | Mapa Batimetrico de la Laguna de Fúquene en 1997..... | G-F2 |
| Fig. G.2.3 | Plantas Acuáticas Existentes y Agua Superficial (Mayo 1999)..... | G-F3 |
| Fig. G.2.4 | Propagación Histórica de Plantas Acuaticas en la Laguna de Fúquene | G-F4 |
| Fig. G.2.5 | Tasa de Disminución del Agua Superficial en la Laguna de Fúquene | G-F5 |
| Fig. G.2.6 | Resultado del Estudio sobre Biomasa | G-F6 |
| Fig. G.2.7 | Mapa de Localización del Estudio de Biomasa | G-F7 |
| Fig. G.2.8 | Ubicación del Dragado de la Laguna | G-F8 |
| Fig. G.4.2 | Diseño de la Barrera para Peces Diseño de Parcelas para el Comopost | G-F9 |

APENDICE G CONTROL DE PLANTA ACUATICA DE LA LAGUNA

CAPITULO I FAUNA Y FLORA EN EL AREA DE ESTUDIO

1.1 Fauna y Flora en la Cuenca

El área de estudio se encuentra altamente desarrollada en ganadería y cultivos de tierras altas. Las áreas de bosques con poca pendiente se limpiaron para cultivo. En el área de bosque se encuentran plantados pinos y *Eucalyptus globulus* de rápido crecimiento (Eucaliptos). Los *Salix humboldtiana* (Sauces) se encuentran plantados principalmente a lo largo del canal de irrigación. Las comunidades de arbustos se limpiaron para ganadería y cultivos y los hábitats de los animales se perdieron. La diversidad de la fauna es pobre debido a la baja diversidad de la flora. Un área amplia del pantano de la Laguna suministra el hábitat a los animales.

1.1.1 Fauna

En 1979 se llevó a cabo un estudio de la fauna en el Area de Estudio. El estudio identificó 65 especies de aves y 12 especies de otros animales como se muestra en la Tabla G.1.1.

El Equipo de Estudio observó nuevamente la fauna existente en el Area de Estudio durante los meses de abril y mayo de 1999. Sin embargo el área de observación se limitó a los alrededores de la Laguna de Fúquene por problemas de seguridad. La observación comprendía aves, mamíferos, reptiles y anfibios, peces, crustáceos, arácnidos e insectos. Las especies observadas se muestran en la Tabla G.1.2.

El Equipo de Estudio confirmó nuevamente 24 especies de aves y 10 especies de mamíferos en el área alrededor de la Laguna, entre las especies de aves y mamíferos identificados por la encuesta anterior. Se reportaron dos (2) nuevas especies de mamíferos a través de entrevistas con personas del lugar. Estas son el *Dasyus novemcinctus* (Armadillo) y *Didelphis sp.*

En este estudio se identificaron cuatro (4) especies de reptiles y anfibios, cuatro (4) especies de peces, una (1) especie de crustáceos, una (1) especie de arácnidos y catorce (14) especies de insectos.

1.1.2 Flora

La encuesta sobre flora en el Area de Estudio se llevó a cabo en 1979, 1986 y 1997 cada uno una (1) vez. Sin embargo, la encuesta incluía sólo las plantas acuáticas en la Laguna. Ver el Capítulo II, Tabla G.2.3 sobre las especies de plantas acuáticas observadas.

El Equipo de Estudio observó la flora existente en el Area de Estudio. Sin embargo, el estudio se limitó a las áreas a lo largo de las vías y a las áreas adyacentes a la Laguna por problemas de seguridad. Los resultados de la encuesta se muestran en la Tabla G.1.3.

La diversidad de la flora es pobre debido al intenso desarrollo agrícola en el Area de Estudio. Algunas de las especies nombradas en la tabla anterior aún están siendo confirmadas. No se han identificado especies amenazadas en esta encuesta.

1.2 Pláncton, Peces y Animales Acuáticos en la Laguna

El Equipo de Estudio revisó las especies existentes de peces, plancton y animales acuáticos de abril a mayo de 1999. Los resultados se describen mas adelante.

1.2.1 Pláncton

Las especies existentes de pláncton en la Laguna de Fúquene se estudiaron en 1977, 1981 y 1982. Sin embargo el estudio se limitó sólo al Fitoplancton. Las especies de Fitoplancton observadas se muestran en la Tabla G.1.4. El Equipo de Estudio observó tanto las especies existentes de Fitoplancton como las de Zooplancton, durante los meses de abril y mayo de 1999. Ver los resultados en el Apéndice E.

1.2.2 Peces

Se identificaron cuatro (4) especies de peces en la Laguna. Estas especies son las siguientes:

Especies Nativas *Eremophilus mutisii*, *Grundulus bogotensis*

Exóticas *Cyprinus carpio*, *Carassius auratus*

Reportes indican que el *Carassius auratus*, (El pez dorado - Gold Fish -) es una nueva especie exótica identificada, encontrada por la secretaría del Medio Ambiente de la Gobernación de Cundinamarca.

El *Onchorrinchus mikiis (trucha)* se cultiva en la parte más profunda de la Laguna. No hay mas trucha en la Laguna. Las truchas cambiaron sus hábitats de la Laguna a los ríos que conectan a la Laguna debido a la contaminación del agua en la Laguna. Este cambio de la trucha a los ríos que conectan con la Laguna redujo la presión predadora sobre los peces nativos.

1.2.3 Animales Acuáticos

(1) Invertebrados

(a) Turbelarios

Se informó que se encontraron caracoles (*Gasterópoda*, de la Familia de las Planorbideas) en la *Egeria densa* (Elodea Brasileira) en la Laguna. Sin embargo, no se encontraron caracoles portadores de schistosoma haemation en este estudio. El caracol es conocido como portador de la Schistosoma haemation. Sin embargo no se confirmó tal enfermedad a través de las entrevistas con personas del lugar.

(b) Crustáceos

Los Decápodos incluyen camarones, “crayfish” y cangrejos. Este estudio identificó solamente cangrejos en la Laguna. Esta identificación se confirmó a través de entrevistas con personas de la región. La especie identificada durante este estudio es la *Hipolobocera macropa* (Cangrejo de agua dulce). Este se encontró en la raíz de la *Scirpus californicus* (Juncos).

(c) Macroinvertebrados

La Oligochaeta (Gusanos) y la Hirudinaea (Sanguijuelas) se encontraron entre las raíces de la *Eichhornia crassipes* (Jacintos de Agua).

(d) Insectos

Los estudios anteriores muestran los siguientes insectos.

| Orden | Suborden | Familia | Especies |
|------------|-----------|---------------|---|
| Coleóptera | Adephaga | Dytiscidae | <i>Rhantus sp.</i> , <i>Platynectes sp.</i> , <i>Bidessus sp.</i> |
| | Polyphaga | Gyrindae | <i>Gyrinus sp.</i> |
| | | Hydrophilidae | <i>Tropisternus lateralis</i> , <i>Tropisternus sp.</i> , <i>Enochrus sp.</i> |
| | | Psephenidae | |
| | | Elimidae | |

Sin embargo, de los insectos mencionados anteriormente no todos fueron encontrados en este estudio. Se encontraron solamente: dos (2) especies de Coleópteros, tres (3) especies de Odonota, una (1) especie de Efemeróptera, una (1) especie de Mesoveliidae, una (1) especie de Hydrometridae, dos (2) especies de Veliidae (chinche de agua), una (1) especie de Corixidae, una (1) especie de Chironomidae, una (1) especie de Tripulidae (zancudo) y una (1) especie de Loxablemmus, sp. También se encontró larva de libélulas.

(2) Vertebrados

(a) Aves

Todos los aves confirmados en el Area de Estudio también fueron encontrados dentro o alrededor de la Laguna. Ver la Tabla G.1.2 sobre especies de aves.

(b) Mamíferos

La *Cavia procellus*, *Sylvilagus brasiliensis*, *Dasypus novemcinctus* y la *Pteronura brasiliensis* fueron confirmadas dentro o alrededor de la laguna a través de entrevistas con las personas del lugar. El *Dasypus novemcinctus* (Armadillo) y la *Didelphys sp* (Fara) fueron recientemente identificados durante este estudio.

(c) Reptiles y Anfibios

La Anura está presente en la Laguna. Se encontró un número limitado de adultos anura durante este estudio. Se encontraron dos (2) renacuajos (*Hyla labialis*). Se encontró una (1) especie de serpiente alrededor de la Laguna (*Atractus crassicaudatus*).

CAPITULO II PLANTAS ACUATICAS EN LA LAGUNA

2.1 Cambios Históricos de las Plantas Acuáticas

2.1.1 Cambios en la Morfología de la Laguna y las Plantas Acuáticas

(1) Morfología de la Laguna

Se llevaron a cabo estudios Batimétricos en la Laguna de Fúquene cuatro (4) veces: en 1962, 1980, 1984 y 1997. Los resultados de los estudios/mapas batimétricos de 1984 y 1997 están disponibles, y se muestran en las Figs. G.2.1 y G.2.2, respectivamente. Las áreas de elevación del lecho de la Laguna en 1984 y 1997 están clasificadas en las Tablas G.2.1 y G.2.2 respectivamente.

Las partes mas profundas de la Laguna de Fúquene se encuentran en la parte oriental de la Laguna, al sur de la isla (El Santuario) y en la parte central de la Laguna. Esta presenta profundidades superiores a los 3 m , es decir por debajo de la cota 2536 m.s.n.m.; sin embargo, entre 1984 y 1997, pudieron haberse colmatado y estrechado mientras que, las restantes más anchas y menos profundas han mantenido sus condiciones iniciales.

Se estima que las profundidades máxima y promedio de la Laguna están entre 6.0 m y 1.5 m medidos desde un nivel de agua de 2.539.0 m, respectivamente.

(2) Plantas Acuáticas

Se pueden obtener fotos aéreas de la Laguna de Fúquene en el Instituto Geográfico “Agustín Codazzi”. Las fotos de la Laguna de Fúquene se tomaron 12 veces desde 1940 según se clasifica a continuación.

| No. | Fecha | No. Series | Escala | Observaciones |
|-----|----------------|------------|----------|---------------|
| 1 | 1940/nov.29 | A-208 | 1/25,000 | Sin Completar |
| 2 | 1940/dic.11 | A-211 | 1/25,000 | |
| 3 | 1955/ene.27 | M-45 | 1/60,000 | |
| 4 | 1955/feb.16 | M-47 | 1/60,000 | |
| 5 | 1956/jul.20 | M-52 | 1/30,000 | |
| 6 | 1962/feb.21 | C-1054 | 1/20,000 | |
| 7 | 1963/feb.21 | C-1056 | 1/20,000 | |
| 8 | 1978/feb.2 a 4 | C-1822 | 1/27,000 | |
| 9 | 1982/ene.20 | C-2050 | 1/20,000 | |
| 10 | 1983/ene.09 | C-2072 | 1/20,000 | |
| 11 | 1989/nov.11 | C-2378 | 1/30,000 | |
| 12 | 1993/dic.19 | C-2525 | 1/40,000 | |

La foto aérea fue tomada hace seis (6) años (1993/dic). Sin embargo, no se ha pensado en mostrar las características actuales reales de la Laguna debido a un alto crecimiento de plantas acuáticas. Por lo tanto, el Equipo de Estudio de JICA tomó una nueva foto aérea en mayo 15 de 1999.

Teniendo en cuenta los intervalos de las fechas de toma de fotos, se decidió utilizar las fotos tomadas siete ocasiones, 1940 (dic.11), 1955 (ene.27), 1963 (feb. 21), 1978 (feb, 2-4), 1983 (ene. 9), 1989 (nov. 11) y 1999 (mayo 15) para analizar el cambio

histórico de las plantas acuáticas en la Laguna.

Las siguientes son las conclusiones de los análisis SIG hechos en cooperación con la CAR basados en las fotos aéreas.

(a) Distribución Actual de las Plantas Acuáticas

La Fig. G.2.3 indica la distribución actual (mayo 15 1999) de plantas acuáticas en la Laguna de Fúquene clasificando las plantas en cinco (5) categorías, a saber: (1) Juncos (*Scirpus Californicus*), (2) espadaña (*Typha angustifolia*), (3) Buchón (*Eichornia crassipes*) y otras plantas flotantes, (4) Buchón y Elodea Brasileira (*Egeria densa*) y (5) Elodea Brasileira.

La siguiente tabla muestra las áreas actuales de cada planta acuática mencionada anteriormente y la superficie del agua.

| Clasificación | Area (ha.) | Porcentaje (%) |
|---|------------|----------------|
| Juncos | 842.2 | 52.8 |
| Espadaña | 56.7 | 3.6 |
| Buchón y otras plantas flotantes | 545.7 | 34.2 |
| Buchón y Elodea Brasileira | 151.2 | 9.5 |
| Sub-total (área cubierta por plantas acuáticas) | 1,595.8 | 100.0 |
| Elodea Brasileira (sumergida) | 804.4 | |
| Superficie de agua pura | 558.8 | |
| Sub-total (área de la superficie de agua) | 1,363.2 | |
| Total | 2,959.0 | |

El área de Elodea Brasileira en la tabla anterior se limita al área donde emerge la Elodea Brasileira hacia la superficie del agua y que ha sido tomada por las fotografías. Por lo tanto, el área total de Elodea Brasileira incluyendo las sumergidas, cubre un área más amplia que la anterior

(b) Propagación Histórica de las Plantas Acuáticas

La Fig. G.2.4 indica la propagación histórica de las plantas acuáticas (plantas emergentes, y de hoja flotante) obtenida de las ocho (8) fotos aéreas. La siguiente tabla muestra la disminución de superficie del agua debido a la expansión de las plantas acuáticas.

| No. | Fecha | Superficie de Agua Area (ha) | Planta Expandida Area (ha) | Planta Acumulada Area (ha) |
|-----|--------------|---------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 1940/dic.11 | 3,071 | - | - |
| 2 | 1955/ene.27 | 2,806 | 265 | 265 |
| 3 | 1963/feb.21 | 2,376 | 430 | 695 |
| 4 | 1978/ene.04 | 2,211 | 165 | 860 |
| 5 | 1983/ene.09 | 2,036 | 175 | 1,035 |
| 6 | 1989/feb.16 | 1,881 | 155 | 1,190 |
| 7 | 1993/dic.25 | 1,603 | 278 | 1,468 |
| 8 | 1999/mayo 15 | 1,363 | 240 | 1,708 |

La Fig. G.2.5 indica la tasa de disminución de la superficie de agua durante 59 años desde 1940 hasta 1999. De esta cifra se deduce que la tasa de disminución

ha cambiado después de 1989. Antes de 1989, la tasa de disminución de la superficie del agua era de 24.5 ha/año, mientras que después de 1989 la tasa de disminución se ha doblado a 50.4 ha/año.

(c) Propagación Histórica de los Juncos

El área actual de Juncos en la Laguna de Fúquene es de 842.2 ha, la cual se ha expandido durante 58.5 años desde Dic. 1940. Por lo tanto, la tasa de crecimiento de los Juncos durante el mismo período fue de 14.4 ha/año.

Se considera que una planta emergente, Junco, juega un papel definitivo en el proceso de secamiento de la Laguna actual de Fúquene, porque los rizomas se amarran en forma permanente al sustrato y los tallos aceleran el depósito de materia orgánica e inorgánica. Se podría decir que al comienzo de la invasión de plantas acuáticas al cuerpo de agua, estas plantas eran flotantes o de hoja flotante y luego cambiaron por Juncos, después de un largo tiempo.

Con el fin de analizar el tiempo que necesita el Junco para convertirse en dominante en la zona del litoral de la Laguna de Fúquene, el área de Juncos actual se ha superpuesto sobre la propagación histórica de plantas acuáticas tal como se muestra en la Fig.G.2.4. A partir de esta figura de superposición, se calcula la expansión histórica del área de Juncos como se muestra a continuación.

| Período | Area de Planta Expandida (ha) | Area de Juncos expandidos (ha) | Porcentaje de Area Total (%) | Porcentaje de Area de Planta Expandida (%) |
|------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|--|
| 1940 a '55 | 265 | 188 | 22.3 | 70.9 |
| 1955 a '63 | 430 | 281 | 33.4 | 65.3 |
| 1963 a '78 | 165 | 159 | 18.9 | 96.4 |
| 1978 a '83 | 175 | 117 | 13.9 | 66.9 |
| 1983 a '89 | 155 | 35 | 4.2 | 22.6 |
| 1989 a '93 | 278 | 2 | 0.2 | 0.7 |
| 1993 a '99 | 240 | 60 | 7.1 | 25.0 |
| Total | 1,708 | 842 | 100.0 | 49.3 |

Como se muestra en la tabla anterior, el área de planta acuática expandida (165 ha) durante 1963-1978 se convirtió completamente en área de Junco (96.4%). El área de planta acuática expandida durante 1940-1955 y 1955-1963 también se considera que se convirtió completamente en área de Junco. La foto aérea tomada in 1999 no identificó Junco en algunas partes de las áreas de plantas expandidas durante 1940-1955 y 1955-1963 porque el Junco en dichas áreas ya había sido reemplazado por pasto.

De las discusiones anteriores, se concluye que el área de plantas flotantes y de hoja flotante en 1978 se convirtió totalmente en áreas de crecimiento de Junco en 20 años (1978 a 1999). Así pues, el tiempo de conversión de las plantas flotantes y de hoja flotante a Junco se calcula en aproximadamente 20 años.

2.1.2 Cambio de Especies

Las plantas acuáticas de la Laguna se estudiaron cuatro (4) veces desde 1979. Estos estudios se llevaron a cabo en 1979, 1986, 1997 y 1999 (encuesta de este Estudio). Las especies de plantas acuáticas identificadas en los cuatro (4) estudios están listadas en la Tabla G.2.3. La clasificación de las plantas del estudio de 1986 fue diferente de la de los otros estudios y por lo tanto se cambió la clasificación, con el fin de ajustarla a las otras en la tabla anterior.

Las plantas acuáticas están clasificadas en cuatro (4) categorías: plantas sumergidas, plantas de hoja flotante, plantas flotantes y plantas emergentes.

Inicialmente se reportó de manera oficial en el estudio de 1997 una planta sumergida, la *Egeria densa* (Elodea Brasileira), aunque ha sido reconocida ampliamente por la población local, desde principios de la década de 1990.

En el estudio de 1986, se identificó una planta sumergida de la Familia de las Ranunculáceas, *Ranunculus* sp. tal como se muestra en la Tabla G.2.3. Por otro lado, la *Egeria densa* es clasificada como de la Familia de las Hydrocharitaceas. Sin embargo, ellas tienen la forma y la flor aproximadamente igual. La *Ranunculus* sp. no ha sido encontrada en los últimos estudios de la Laguna como tampoco aguas arriba de los ríos. Por lo tanto, se puede suponer que la *Egeria densa* se clasificó como *Ranunculus* sp. en el estudio de 1986 y la *Egeria densa* ya había invadido la Laguna para 1986.

A través de todos los estudios han sido continuamente confirmadas una planta de hoja flotante de *Potamogeton illinoensis* (maleza de charca) y una planta flotante de *Eichornia crassipes* (Buchón).

También han sido confirmadas a través de todos los estudios las plantas emergentes de *Scirpus californicus* (Junco), *Bidens laevis* y *Ludwigia pepilides*. La *Typha angustifolia* (Espadaña) no fue identificada en el estudio de 1986. Sin embargo, probablemente existía en la Laguna ya que es fuerte. Nuevas especies de plantas emergentes, la *Pseadoraphis* sp. y la *Juncus bogotensis*, fueron encontradas alrededor de la Laguna en 1999 (el Estudio actual). La *Hydrocotyle ranunculoides* se reportó solamente en el estudio de 1979. Probablemente se extinguió.

2.2 Plantas Acuáticas Existentes

2.2.1 Plantas Sumergidas

La planta sumergida existente en la Laguna es únicamente la *Egeria densa* (Elodea Brasileira). En este Informe, la *Potamogeton illinoensis* es clasificada dentro de la categoría de plantas de hoja flotante. Se considera que la *Egeria densa* apareció en la Laguna antes de 1986 tal como se dijo en la sección anterior. Esta se encuentra distribuida sobre el área de la superficie de agua con una profundidad entre 1.9 m – 3.8 m de acuerdo con el estudio de campo. Esta planta no crece en áreas menos profundas a los 1.9 m teniendo en cuenta que son áreas están cubiertas por plantas emergentes y flotantes. Tampoco existe en áreas más profundas a los 3.8 m, debido a la falta de luz necesaria para los procesos de fotosíntesis.

Esta planta cubre aproximadamente un 90% del área de superficie de agua (cerca de 1,400 hectáreas) de la Laguna. Crecería en aguas aún más profundas a los 3.8 m si la turbiedad del agua es lo suficientemente baja para que la luz del sol alcance el fondo.

No existe en el río afluente de la Laguna: el Río Ubaté. Sin embargo, es abundante en el río efluente de la Laguna: el Río Suárez. Se cree que esto se debe a la diferencia en la turbidez del agua, a la velocidad del caudal del río y a la profundidad del agua durante la estación seca (el Río Ubaté se seca durante la estación seca). Se necesitan mas estudios para llegar a una conclusión final.

Las ramas brotan de “nudos dobles” localizados a intervalos a lo largo del tallo. Las raíces delgadas se extienden hasta agarrarse al suelo del fondo desde los nudos localizados en la parte baja de los tallos. Generalmente se dice que su altura es de 1.0 m, sin embargo se extiende hasta un máximo de 3.0 m en esta Laguna.

Los tallos están provistos de brillantes hojas verdes. La longitud de las hojas es de 2 a 3 centímetros. Flores pequeñas y blancas aparecen sobre la superficie del agua. En áreas densas de crecimiento, algunas plantas cambian su color a uno blanquecino y muchas raíces pubescentes crecen de las raíces principales. Esta planta absorbe los nutrientes del agua y del suelo a través de las hojas, tallos y raíces.

La planta se reproduce al esparcir los fragmentos de la misma o crece de los tallos cortados con máquina. Se han desplazado dos (2) máquinas cortadoras en la Laguna las cuales cortan malezas desde 1.5 m por debajo de la superficie del agua. Se informó que la Elodea se recupera completamente en un corto período de tiempo después de cortada.

2.2.2 Plantas de Hojas Flotantes

La planta de hoja flotante existente en la Laguna es únicamente la *Potamogeton illinoensis* (Maleza de Charca). La *Potamogeton illinoensis* (Maleza de Charca) fue reportada como prevaleciente antes de la invasión de la *Egeria densa* (Elodea Brasileira). Esta planta crece desde el fondo hasta la superficie del agua en áreas con una profundidad menor a los 4.0 m. No forma grandes comunidades y coexiste con la *Egeria densa*.

El Lirio de Agua no se encontró durante este Estudio en la Laguna. Sin embargo, se encontró una (1) especie en el canal de drenaje que entra al Río Suárez.

2.2.3 Plantas Flotantes

Hay cuatro (4) especies de Plantas Flotantes en la Laguna: *Eichornia crassipes*, *Lemna polyrrhiza*, *Lemna minor* y *Azolla filiculoides*. Entre estas, la prevaleciente es la *Eichornia crassipes* (Buchón), y las especies *Lemna polyrrhiza*, *Lemna minor* y *Azolla filiculoides* existen en algunas áreas limitadas. La *Eichornia crassipes* ya se identificó en el estudio de 1979. Esta planta forma colchones gruesos y duros en áreas con una profundidad menor a los 1.9 m, de acuerdo con el estudio de campo. En áreas mas profundas la *Eichornia crassipes* forma una isla flotante junto con las plantas emergentes cuyo diámetro excede algunas veces los 10 m.

2.2.4 Plantas Emergentes

Existen doce (12) especies de plantas emergentes en la Laguna: *Scirpus californicus*, *Typha angustifolia*, *Bidens laevis*, *Cyperus rufus*, *Ludwigia peploides*, *Polygonum hydrophiperoides*, *Myriophyllum aquaticum*, *Juncus bogotensis*, *Hydrocotyle ranunculoides*, *Pseudoraphis sp.* Y *Begonia cucullata*.

Entre ellas, las plantas mas grandes en la Laguna son la *Scirpus californicus* y la *Typha*

angustifolia. Estas plantas son altas, crecen hasta aproximadamente 2.5-3.0 m de alto y coexisten con plantas emergentes pequeñas tales como *Ludwigia peploides*, *Polygonum hydropiperoides*, *Myriophyllum aquaticum* y *Biden laevis*. La *Scirpus californicus* se conoce como Junco en nombre local.

La *Polygonum hydropiperoides* crece hasta cerca de 1.5 m en caso de que coexista con la alta *Scirpus californicus* y la *Typha angustifolia*.

La *Ludwigia peploides* y la *Polygonum hydropiperoides* crecen en dos 2 formas – en forma de hoja flotante y en la forma emergente. La *Scirpus californicus* y la *Typha angustifolia* tienen grandes raíces con tallos y hojas livianas y pueden crecer dentro del agua. Se encontraron en el estudio de campo la *Scirpus californicus* y la *Typha angustifolia* a unas profundidades de 0.9 m y 2.6 m, respectivamente.

2.3 Estudio de Biomasa

Se llevó a cabo un estudio de biomasa para la *Egeria densa* (Elodea Brasileira) como planta sumergida, *Eichornia crassipes* (Buchón) como planta flotante, y la *Scirpus californicus* (Junco) junto con la *Typha angustifolia* (Espadaña) como plantas emergentes. Las muestras de biomasa se midieron con peso húmedo.

2.3.1 Plantas Sumergidas

La Elodea Brasileira cubre una amplia área en la Laguna. La propagación de la planta se controla mediante el corte mecánico. La medición de biomasa se llevó a cabo en el área donde las plantas no habían sido cortadas recientemente, con el fin de evitar los efectos del corte mecánico.

(1) Método de Muestreo

Las muestras de Elodea se toman mediante cosecha con guadaña en 22 parcelas que cubren las áreas de la Laguna, en diferentes profundidades del agua. Las parcelas de prueba, con un tamaño de 3 X 3 m cada una, se encierran con una malla de pescar para evitar que la Elodea cosechada se aleje flotando.

Se midió la biomasa de cada parcela mediante su división en dos (2) porciones. La primera porción incluye material tomado de la superficie del agua hasta 1.0 m de profundidad y la segunda desde 1.0 m de profundidad hasta el fondo. La medida de peso se hizo en condiciones húmedas.

(2) Resultado del Estudio de Muestreo

Los resultados del estudio se muestran en la Fig. G.2.6. La densidad de la biomasa disminuyó en proporción inversa a la profundidad del agua. No se identificó una cantidad significativa de Elodea en aguas con profundidades mayores a los 3.8 m. La densidad promedio en peso húmedo por profundidad del agua se resume a continuación.

| Profundidad del Agua | Densidad (kg/m ²) en Peso Húmedo | | |
|----------------------|--|-------------------|-------|
| | Sobre 1.0 m | De 1.0 m al Fondo | Total |
| Menos de 2.00 m | 14.46 | 4.44 | 18.89 |
| 2.01 m - 2.50 m | 11.58 | 4.56 | 16.14 |
| 2.51 m – 3.00 m | 11.59 | 2.70 | 14.29 |
| 3.01 m – 3.80 m | 4.25 | 7.52 | 11.77 |
| Más de 3.8 m | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

La ubicación del muestreo se muestra en la Fig. G.2.7.

(3) Cálculo de la Biomasa

El área de superficie de agua actual (incluyendo Elodea) se delinea como se muestra en la figura G.2.3. Por otro lado, el área de superficie del agua (excluyendo áreas de plantas emergentes y flotantes) por profundidad de agua, se delinea usando el mapa batimétrico de 1984. Hay dos (2) mapas batimétricos disponibles de los estudios de 1984 y 1997. Sin embargo se usa el mapa de 1984 porque cubre un área más amplia de la Laguna que el mapa de 1997. No se ha identificado cambio significativo de la topografía del fondo de la Laguna en ninguno de los mapas.

El área de superficie existente del agua por profundidad de agua se calcula mediante la superposición de las dos figuras, como se muestra en la tabla siguiente. La Elodea está creciendo en el área de superficie del agua con profundidades inferiores a 4.0 m en la tabla que sigue.

| Profundidad del Agua (m)* | Area del Superficie del Agua (ha) | Area de Crecimiento de Elodea (ha) |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| Menos de 2.0 | 518 | 518 |
| 2.01 – 3.00 | 601 | 601 |
| 3.01 – 4.00 | 85 | 85 |
| 4.01 – 5.00 | 99 | 0 |
| Más de 5.01 | 60 | 0 |
| Total | 1,363 | 1,204 |

*: El nivel de agua se asume en 2,539.0 m.

La cantidad total de Elodea en la Laguna se calcula en 197,300 ton. en peso húmedo con el siguiente detall.

| Parte | Peso Húmedo (ton) | Densidad Promedio (kg/m ²) |
|-------------------------------|-------------------|--|
| Más de 1.0 m de Profundidad | 147,400 | 12.24 |
| 1.0 m de Profundidad al Fondo | 49,900 | 4.14 |
| Total | 197,300 | 16.38 |

2.3.2 Plantas Flotantes

La planta flotante predominante en la Laguna es el Buchón. La mayoría de los Buchones forman islas flotantes junto con varias especies de otras plantas flotantes y emergentes. Las mayores especies mezcladas de plantas flotantes y emergentes son las *Lemnar minor*, *Bidens laevis*, *Ludwigia pepilides* y *Polygonum hidropy peroides*.

Las medidas de las muestras para la biomasa de plantas flotantes se hicieron en 20 puntos de las islas flotantes. El lote de muestreo cubre un área de 9 m² (3m x 3m) cada uno. La biomasa de Buchón y otras plantas mezcladas se tomó separadamente en peso húmedo.

Las plantas flotantes que forman islas crecen en el área de la Laguna con profundidades menores a 3m. El promedio de biomasa del total de plantas flotantes se calcula en 109.11 kg/m². La densidad de biomasa del total de plantas flotantes decrece de acuerdo con el incremento de plantas mezcladas debido a la mutua competencia, como se muestra a continuación. Especialmente, la mezcla de plantas emergentes más altas reduce mucho más la densidad de biomasa de la totalidad de plantas flotantes.

| Biomasa de Plantas Mezcladas (kg/m ²) | Biomasa Total (kg/m ²) |
|---|------------------------------------|
| 0.00 | 119.09 |
| 0.01 - 0.50 | 114.94 |
| 0.51 - 1.50 | 109.17 |
| Más de 1.51 | 47.12 |

Por otra parte, se calcula que el área actual de plantas flotantes es 696.9 ha (ver Sub-sección 2.1.1). De acuerdo con esto, el total de la biomasa existente de plantas flotantes se calcula aproximadamente en 690,000 toneladas en peso húmedo, como se muestra a continuación.

| Planta | Area (ha) | Densidad (kg/m ²) | Peso Húmedo (ton) |
|---|-----------|-------------------------------|-------------------|
| Buchón con otras Plantas Emergentes y Flotantes | 545.7 | 109.11 | 595,400 |
| Buchón con Elodea | 151.2 | 62.75* | 94,900 |
| Total | 696.9 | | 690,300 |

*: Biomasa promedio de Buchón (109.11 kg/m²) y Elodea (16.38 kg/m²)

Los resultados del estudio de muestreo pueden verse en la Tabla G.2.4. Para la ubicación del muestreo, ver Fig. G.2.7.

2.3.3 Plantas Emergentes

Existen 12 especies de plantas emergentes en la Laguna, de las cuales dos (2) plantas altas emergentes: Junco y Espadaña son las que prevalecen. Estas dos (2) plantas altas emergentes coexisten con las otras pequeñas emergentes. La espadaña crece usualmente fuera de los Juncos.

La medida de muestreo de la biomasa se hizo en 20 parcelas de Junco mezclado con otras plantas pequeñas emergentes y en 10 parcelas de Espadaña mezclada con otras plantas pequeñas emergentes. El lote de muestreo cubre un área de 9m² (3m x 3m) cada uno. La biomasa se midió al dividir las siguientes tres (3) porciones: (i) hojas/tallos por encima de la superficie del agua, (ii) hojas/tallos bajo la superficie del agua, (iii) raíces.

Los Juncos crecen por lo general en el área de la Laguna con profundidades inferiores a 1.5m. Por otro lado, la Espadaña existe por fuera del Junco en profundidades de agua de 0.9-2.5 m.

El promedio de densidad de biomasa de las dos plantas emergentes se muestra a continuación con las especies mezcladas de otras plantas emergentes.

| Planta | Densidad de Biomasa (kg/m ²) | | | Total |
|----------|---|--|--------|--------|
| | Hojas/Tallos por Encima de la Superficie del Agua | Hojas/Tallos bajo la Superficie del Agua | Raíces | |
| Juncos | 7.87 | 10.23 | 12.14 | 30.22 |
| Espadaña | 8.46 | 8.60 | 90.65 | 107.70 |

Las áreas existentes de Junco y Espadaña se calculan en 842.2 ha y 56.7 ha respectivamente (ver, Sub-sección 2.1.1). De acuerdo con esto, el total de biomasa existente de las plantas emergentes se calcula aproximadamente en 315,600 toneladas en peso húmedo, especificando Junco (254,500 toneladas) y Espadaña (61,100 toneladas).

Los resultados del estudio de muestreo se muestran en la Tabla G.2.5. Sobre las ubicaciones del muestreo, vea la Fig. G.2.7.

2.4 Experimento de Reproducción de la Elodea Brasileira

2.4.1 General

La Elodea Brasileira se reproduce mediante la fragmentación de porciones de la planta en el suelo o mediante el corte de los tallos cosechados a máquina. La Elodea de la Laguna crece a alta velocidad. Se dice que se reproduce hasta la altura original en un corto período de tiempo cuando es cosechada dejando raíces y alguna parte del tallo sobre el lecho de la Laguna. Sin embargo, la tasa de reproducción de la Elodea cuando se cultiva completamente, sin dejar raíces y tallos en el lecho de la Laguna es desconocida.

Se adelantó un experimento de campo con el propósito de analizar las tasas de reproducción de la Elodea bajo las dos (2) condiciones siguientes. La prueba comenzó a mediados de junio, 1999, con la cooperación de la CAR. .

2.4.2 Reproducción luego de la Cosecha Mecánica

El experimento de reproducción se realizó en los siguientes cinco (5) sitios, (A) margen norte de la Isla Santuario, (B) margen sur de la Isla Santuario, (C) cerca de Isla Santuario, (D) cerca de la boca de la Q. Monroy y (E) cerca de la boca del canal de Naranjito. The existing Elodea in each experimental location was harvested by machine by 1.5 m depth from the water surface, leaving roots and some portion of stems on the lake bed. The experimental lots were not enclosed by protector and then, invasion of Elodea fragments from outside was allowed.

A continuación se resumen las condiciones experimentales y resultados de los cinco (5) lugares.

| Lugar | Profundidad del Agua (m) | Caso | Fecha de Inicio | Vol. Inicial (kg/m ²) | Tiempo de Medida | Volumen Medido (kg/m ²) | Vol. de Reproducción (kg/m ²) |
|-------|--------------------------|------|-----------------|-----------------------------------|---------------------|-------------------------------------|---|
| A | 1.90 | A-1 | jun. 17, 1999 | 0.46 | - | - | - |
| | | A-2 | | | Después de 49 días | 0.52 | 0.06 |
| | | A-3 | | | Después de 78 días | 0.53 | 0.07 |
| | | A-4 | | | Después de 120 días | 0.70 | 0.24 |
| | | A-5 | | | Después de 195 días | 2.36 | 1.90 |
| B | 2.55 | B-1 | sep. 23, 1999 | 0.81 | - | - | - |
| | | B-2 | | | Después de 30 días | 1.51 | 0.70 |
| | | B-3 | | | Después de 97 días | 5.44 | 4.63 |
| C | 2.50 | C-1 | oct. 28, 1999 | 0.22 | - | - | - |
| | 2.34 | C-2 | | | Después de 32 días | 0.28 | 0.06 |
| | 1.90 | C-3 | | | Después de 63 días | 0.22 | 0.00 |
| D | 2.54 | D-1 | oct. 28, 1999 | 0.44 | - | - | - |
| | 2.28 | D-2 | | | Después de 32 días | 4.56 | 4.12 |
| | 1.91 | D-3 | | | Después de 63 días | 4.00 | 3.56 |
| E | 3.10 | E-1 | oct. 28, 1999 | 0.94 | - | - | - |
| | 2.57 | E-2 | | | Después de 32 días | 0.22 | 0.00 |
| | 2.60 | E-3 | | | Después 63 días | 4.44 | 3.50 |

Note: Biomasa original antes de la cosecha: Lugar A: 11.51 kg/m², Lugar B: 14.29 kg/m²

La tasa de reproducción de la Elodea después de la cosecha mecánica todavía era pequeña durante el periodo de éste experimento. El experimento debe continuarse hasta obtener la conclusión final, porque la tasa de reproducción debe realizar un rápido incremento después de que la Elodea crezca hasta cierta altura, donde la capacidad de fotosíntesis es grande.

2.4.3 Reproducción después de una Remoción Total

El experimento de reproducción se realizó en la franja norte de la Isla Santuario a una profundidad de agua de 2.0 m. La Elodea existente en el lote experimental se removió totalmente por medio de dragado; no se dejaron raíces ni tallos en el lecho del río. El experimento se realizó en cinco (5) lotes. (4) lotes experimentales se encerraron con malla para evitar la invasión de fragmentos de Elodea del exterior y el lote restante (1) no se encerró con malla para permitir la invasión de fragmentos de Elodea. Además, algunos de los lotes que se encerraron fueron plantados artificialmente con fragmentos de Elodea para observar la tasa de crecimiento de los fragmentos de Elodea en el lecho.

El anterior experimento comenzó el 17 de julio, 1999. Las condiciones experimentales y los resultados en los cinco (5) lotes se resumen abajo.

| Lote | Profundidad del Agua (m) | Protección | Siembra Artificial | Tiempo de Medida | Vol. de Reproducción (kg/m ²) | Retoños de Tallo | Retoños de Raíz |
|------|--------------------------|------------|--------------------|---------------------|---|---------------------------|---------------------------|
| A*-1 | 2.45 | red | 13 fragmentos | Después de 32 días | | 1-2 cm | 5 cm |
| A*-2 | 2.20 | red | 13 fragmentos | Después de 63 días | 0.05 | max. 60 cm prom. 30 cm | max. 30 cm prom. 15 cm |
| A*-3 | 2.34 | red | 13 fragmentos | Después de 165 días | 1.38 | | |
| A*-4 | 2.46 | red | Sin siembra | Después de 165 días | 0.90 | | |
| A*-5 | 2.40 | no | Sin siembra | Después de 122 días | 0.22 | | |

Nota: Biomasa original antes de su remoción: 11.51 kg/m²

La tabla anterior muestra que la Elodea puede no recuperarse fácilmente cuando se ha retirado completamente por dragado.

CHAPTER III MEDIDAS DE CONTROL DE PLANTAS ACUATICAS

3.1 Necesidad de Control de las Plantas Acuáticas

3.1.1 Proyección del Area Futura de Plantas Acuáticas

El área en el futuro, para plantas acuáticas en la Laguna, está proyectada de la siguiente manera, con base en el análisis del Capítulo II, Sub-sección 2.1.1.

- (1) El área total de plantas acuáticas en la Laguna (cubriendo las áreas de plantas emergentes y flotantes, pero excluyendo el área de plantas sumergidas) ha aumentado en 1,708 ha durante 59 años, de 1940 a 1999. La velocidad de expansión durante 1940-1989 fue de 24.5 ha/año en promedio. Sin embargo, se ha acelerado a 50.4 ha/año durante los últimos 10 años, de 1989-1999.
- (2) Esta expansión siempre se ha iniciado con la formación de islas acuáticas flotantes y luego las islas flotantes han sido reemplazadas gradualmente por las plantas emergentes. De acuerdo con la interpretación de las fotografías aéreas históricas, las plantas flotantes expandidas han sido reemplazadas en su totalidad por plantas emergentes después de 20 años. Por lo tanto, se asume que todas las áreas de plantas flotantes existentes se convertirán en emergentes, dentro de unos 20 años
- (3) Por otro lado, el hábitat de las plantas emergentes se limita a las tierras húmedas o áreas poco profundas. Generalmente crecen en las áreas de la Laguna que tienen una profundidad menor a 1.5 m. De acuerdo con el mapa batimétrico de la Laguna, se calcula que en 1984 el área de la Laguna menos profunda, de 1.5 m (medida desde la elevación de 2,539.0 m), es 1,603 ha. Por lo tanto, el área de plantas emergentes en el agua de la Laguna no excederá en el futuro 1,603 ha.
- (4) Las plantas acuáticas existentes en la Laguna en 1999 está distribuidas de la siguiente manera:

| Clasificación | Area (ha) | (%) | Observaciones |
|-------------------|-----------|-------|--|
| Planta Emergente | 898.9 | 30.4 | Junco (842.2 ha), Espadaña (56.7 ha) |
| Planta Flotante | 696.9 | 23.6 | Buchón y otros |
| Sub-total | 1,595.8 | 54.0 | Area Total de plantas acuáticas |
| Planta Sumergidas | 1,204.0 | 40.7 | Crecen en áreas de agua menos profundas de 4.0 m |
| Area de Agua Pura | 159.2 | 5.3 | Area de agua más profunda que 4.0 m |
| Sub-total | 1,363.2 | 46.0 | Area Total de agua |
| Total | 2,959.0 | 100.0 | Area total de la laguna |

- (5) El área total de plantas emergentes y flotantes alcanzará 2,654.2 ha en el 2020 si continúa expandiéndose a una velocidad de 50.4 ha/año en el futuro. Las plantas emergentes cubrirán 1,595.8 ha del área total de 2,654.2 ha en el 2020 si el área actual de plantas flotantes es reemplazada totalmente por plantas emergentes. Sobre esta afirmación vea el Capítulo II, Subsección 2.1.1 (c). Las plantas acuáticas en el 2020 en la Laguna serán distribuidas como se muestra a continuación

| Clasificación | Area (ha) | (%) | Observaciones |
|--------------------|-----------|-------|---|
| Planta Emergente | 1,595.8 | 53.9 | Juncos, Espadaña |
| Planta Flotante | 1,058.4 | 35.8 | Buchón y otros |
| Sub-total | 2,654.2 | 89.7 | Area Total de plantas acuáticas |
| Plantas Sumergidas | 145.6 | 4.9 | Crecen en áreas de agua menos profundas a 4.0 m |
| Area de Agua Pura | 159.2 | 5.4 | Area de agua más profunda que 4.0 m |
| Sub-total | 304.8 | 10.3 | Area Total de superficie de agua |
| Total | 2,959.0 | 100.0 | Area Total de la Laguna |

- (6) La distribución futura de plantas acuáticas en el año 2010 (año objetivo de este plan maestro de estudio) es interpolada entre 1999 y el 2020. En esta interpolación, el área total de plantas emergentes y flotantes se asume que se incrementa linealmente de 1,595.8 ha. en 1999 a 2,654.2 ha. en el 2020. El área de plantas flotantes se asume que se incrementa a una tasa constante anual cada año, de acuerdo a un estudio previo ¹⁾ realizado donde el concepto básico es como sigue:

$$V_t = V_o (1 + r)^t$$

Donde, V_t : volumen luego de t años, V_o : volumen inicial, r : tasa de crecimiento anual, t : tiempo transcurrido.

Las plantas flotantes de la Laguna se incrementa a una tasa alta cada año, por otro lado, alguna parte es reemplazada por las plantas emergentes. Entonces, se incrementará de 696.9 ha en 1999 a 1,058.4 ha. en el 2020 con una tasa aparente de crecimiento (tasa neta de crecimiento) del 2% anual.

Las futuras plantas acuáticas de la Laguna en el 2010 se distribuirán como se muestra abajo.

| Clasificación | Area (ha) | (%) | Observaciones |
|---------------------|-----------|-------|--|
| Plan Emergente | 1,284.0 | 43.4 | Junas, Espadana |
| Planta Flotante | 867.0 | 29.3 | Buchón y otros |
| Sub-total | 2,151.0 | 72.7 | Area total de plantas acuáticas |
| Plant Sumergida | 649.0 | 21.9 | Crecen en area de menor profundidad de agua de 4.0 m |
| Area de Agua limpia | 159.0 | 5.4 | Area de agua a mayor profundidad de 4.0 m |
| Sub-total | 808.0 | 27.3 | Area de superficie de agua |
| Total | 2,959.0 | 100.0 | Area total de la laguna |

3.1.2 Problemas Causados por el Exceso de Plantas Acuáticas

Los siguientes problemas importantes, mencionados anteriormente, serán causados por el excesivo crecimiento de plantas acuáticas en el futuro.

- (1) Reducción de la Capacidad de Almacenamiento de la Laguna

Las plantas remueven el agua, produciendo reducción de la capacidad de almacenamiento de la Laguna. En las áreas menos profundas se reduce la capacidad de almacenamiento efectiva. La reducción de la capacidad efectiva de almacenamiento de la Laguna se calcula a continuación.

El área actual, densidad promedio y biomasa de las plantas acuáticas en la Laguna se resumen a continuación.

| Planta | Area (ha) | Densidad promedio (kg/m ²) | Biomasa Total (ton) | Biomasa bajo el Agua (ton) | Almacenamiento Efectivo Reducido (m ³)* |
|-----------|-----------|--|---------------------|----------------------------|---|
| Emergente | 899 | 35.11 | 315,600 | 244,700 | 244,700 |
| Flotante | 697 | 99.04 | 690,300 | 345,200 | 345,200 |
| Sumergida | 1,204 | 16.38 | 197,300 | 197,300 | 147,400 |
| Total | 2,800 | | 1,203,200 | 787,200 | 737,300 |

*: el peso específico de plantas acuáticas se presume cercano a 1.0 ton/m³.

En la tabla anterior, la biomasa bajo el agua de las plantas emergentes se calcula por observación del campo. Se calcula que la biomasa bajo el agua de las plantas flotantes es la mitad de la biomasa total, ya que la parte inferior de las plantas flotantes está sumergida en el agua.

Se calcula que la biomasa bajo el agua de las plantas emergentes reduce totalmente la capacidad efectiva de almacenamiento, ya que crece en áreas de agua poco profundas. Es evidente que la biomasa bajo el agua de las plantas flotantes reduce totalmente la capacidad efectiva de almacenamiento. En cuanto a plantas sumergidas, se calcula que la biomasa en la capa superior a 1.0 m de profundidad (75% del total de biomasa), en realidad reduce la capacidad efectiva de almacenamiento. La reducción de la capacidad efectiva de almacenamiento en la actualidad también se muestra en la tabla anterior

La reducción de la capacidad efectiva de almacenamiento en el futuro se calcula igual que en el presente. Esto se muestra a continuación.

| Planta | Area (ha) | Densidad Promedio (kg/m ²) | Biomasa Total (ton) | Biomasa bajo el Agua (ton) | Almacenamiento Efectivo Reducido (m ³)* |
|-----------|-----------|--|---------------------|----------------------------|---|
| Emergente | 1,596 | 35.11 | 560,400 | 435,100 | 435,100 |
| Flotante | 1,058 | 99.04 | 1,047,800 | 523,900 | 523,900 |
| Sumergida | 146 | 16.38 | 23,900 | 23,900 | 17,900 |
| Total | 2,800 | | 1,632,100 | 982,900 | 976,900 |

*: se calcula que el peso específico de las plantas es casi 1.0 ton/m³.

Como se mencionó antes, la capacidad efectiva de almacenamiento de la Laguna disminuirá después en 240,000 m³ para el año 2020, debido al crecimiento de las plantas acuáticas, si no se toman medidas de control.

(2) Deterioro de la Calidad del Agua de la Laguna

El crecimiento excesivo de las plantas acuáticas hace que el agua de la Laguna sea anaerobia en algunos lugares, debido a los siguientes efectos:

- (a) La descomposición de las plantas acuáticas marchitas consume oxígeno en el agua de la Laguna.
- (b) El cubrimiento de las plantas acuáticas en la superficie del agua no permite el paso del sol y esto no deja que ocurra la fotosíntesis de las plantas.
- (c) El cubrimiento de las plantas acuáticas en la superficie del agua reduce la

aireación natural del agua de la Laguna (entrada de oxígeno del aire en el agua de la Laguna).

El agua de la Laguna ya se ha convertido en anaerobia en las áreas con crecimiento denso de plantas acuáticas, emitiendo sustancias tóxicas de H₂S, especialmente bajo las islas flotantes. En dichas áreas, el agua de la Laguna es de color negro y emite mal olor. Además, los sedimentos de toda la Laguna están en una condición anaerobia, no permitiendo vida en los mismos. Ver Apéndice E Capítulo I, 1.4.

La calidad del agua empeorará aún más en el futuro, dependiendo del crecimiento de plantas acuáticas. Esto causará daños fatales no solo en la vida acuática de la Laguna, sino también en la utilización del agua en las áreas circundantes.

Dicha agua deteriorada de la Laguna no permitirá la existencia de bentos, peces y otras formas de vida acuáticas. Puede que el tratamiento de esta agua para uso humano no sea difícil; sin embargo, el agua subterránea recargada de la Laguna puede debilitar las raíces de los pastos en los alrededores de la Laguna.

(3) Bloqueo del Flujo de Agua

El exceso de plantas acuáticas en la Laguna bloquea la boca de salida del agua de la Laguna y las del Río Suárez también bloquean el flujo del caudal en el río. Este bloqueo puede causar daños en el caudal en las áreas bajas circundantes de la Laguna y daños en los usos del agua en la corriente río abajo.

3.2 Posibles Medidas de Control

Las siguientes cinco (5) medidas de control se enumeran como posibles; (i) Reducción de la entrada de nutrientes, (ii) Dragado del lecho de la Laguna, (iii) Cosecha mecánica de plantas sumergidas, (iv) Remoción de plantas flotantes y (v) Control de plantas acuáticas por la carpa herbívora.

3.2.1 Reducción de la Entrada de Nutrientes

Las plantas acuáticas crecen absorbiendo varios tipos de nutrientes del lecho y del agua. Dicha absorción ocurre a través de las raíces, tallos y hojas. El Nitrógeno (N) y el Fósforo (P) son los nutrientes más importantes. La Laguna se encuentra en la actualidad bastante eutrofizada y contiene una gran cantidad de N y P en el agua y en los depósitos del lecho, como se muestra a continuación.

| Item | N | P |
|---|------|------|
| Calidad Promedia del Agua (mg/l) | 1.83 | 0.07 |
| Calidad Promedia del Depósito del Lecho (mg/kg. Seco) | 0.8 | 150 |

La reducción de la entrada de nutrientes (N, P) a la laguna no se considera efectiva como se describe a continuación, aunque el corte de fuentes de nutrientes puede teóricamente frenar el crecimiento de las plantas acuáticas.

- (1) La mayoría de los nutrientes que entran (N,P) a la laguna, vienen de fuentes no puntuales incluyendo la ganadería, terrenos (cultivos, pasturas y matorrales) y

viviendas en áreas rurales. Aquellos de fuentes puntuales de alcantarillado e industrias son limitados. A continuación se muestra porcentaje existente de entrada anual de nutrientes por fuente (ver Apéndice E, Capítulo III, Sub-sección 3.2.2).

| Fuente Contaminante | N (%) | P (%) |
|---------------------|-------|-------|
| Alcantarillado | 21.1 | 20.0 |
| Industria | 0.8 | 2.3 |
| Ganadería | 61.9 | 76.2 |
| Tierra | 16.1 | 1.5 |
| Vivienda | 0.1 | 0.0 |
| Total | 100.0 | 100.0 |

Actualmente, no hay una forma práctica de controlar el N y P de la ganadería y las tierras. El Tratamiento del N y del P en el alcantarillado y fábricas mencionadas arriba, es técnicamente posible. Sin embargo, es muy costoso y por lo tanto es considerado económicamente poco viable.

- (2) Los nutrientes altamente concentrados (N, P) se acumulan en los depósitos de todo el lecho de la Laguna como se mostró arriba. Una alta cantidad de nutrientes (N,P) son liberadas continuamente desde el fondo de la Laguna. (ver Apéndice E, Capítulo III, Sub-sección 3.4.3). El lecho de la Laguna tiene bastantes fuentes potenciales de nutrientes que pueden hacer crecer plantas acuáticas por un largo período de tiempo
- (3) Se dice que las plantas acuáticas crecen aún en un lago oligotrófico.

3.2.2 Dragado del Lecho de la Laguna

Al dragar el lecho de la Laguna disminuirá la capacidad de fotosíntesis de la Elodea. La Laguna debe ser dragada para mantener la profundidad del agua a más de 4 m, para controlar por completo el crecimiento de plantas acuáticas. Los trabajos de dragado necesarios cubren 1,900 ha (área de la Laguna con profundidad menor de 4.0 m, excluyendo el área de plantas emergentes) y un volumen de tierra de 43 millones de m³. Por lo tanto, el posible drenado de se limitará a las áreas críticas como la zona frontal de Juncos.

Del dragado de la zona frontal de Juncos puede contribuir al control de expansión de del area de Juncos porque su habitat está usualmente limitado a las tierras pantanosas o de profundidad menor a 1.5 m.

3.2.3 Recolección de Plantas Sumergidas

La CAR y el Departamento de Cundinamarca están cosechando actualmente y en forma diaria, Elodea por medio de máquinas. La máquina sólo cosecha la parte superior de la Elodea (1.5 m de la superficie del agua), dejando la parte inferior de los tallos y raíces en el lecho de la Laguna. Como resultado, se dice que la Elodea se reproduce sola y vuelve a sus tamaño original en un corto período de tiempo después de la recolección.

Esta cosecha no tiene fin. Entonces, la CAR y el Departamento de Cundinamarca tienen problemas con la eliminación de la Elodea cosechada. Se cree que el uso de la Elodea cosechada es la clave para la implementación exitosa de estas medidas de control.

De acuerdo con una encuesta realizada, aproximadamente el 50% del total de agricultores en el Area de Estudio están interesados en utilizar la Elodea como fertilizante. Por lo tanto, el

uso de Elodea recolectada como fertilizante verde en las tierras aledañas de pastura de la Laguna o como compost para las fincas agrícolas se considera una de las alternativas más posibles.

3.2.4 Remoción de Plantas Flotantes

Las plantas flotantes existentes (principalmente Buchón) cubre unas 700 ha. Lo que forma principalmente las islas flotantes. Las islas flotantes de Buchón están mezcladas con otras plantas flotantes - pequeñas plantas emergentes acuáticas, resistentes y Elodea marchita. El area total flotant se extiende a una tasa alta anual.

La remoción de estas plantas flotantes es también urgente. Sin embargo, debe desarrollarse un sistema adecuado de disposición de las plantas flotantes removidas, puesto que la cantidad a removerse es grande. El compost de las plantas removidas para uso agrícola se considera como el más posible sistema de disposición.

3.2.5 Control de las Plantas Acuáticas por Carpa Herbívora

La carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*) es nativa de los ríos de Vietnam del Norte, China y Rusia que fluyen al Océano Pacífico. Esta especie ha sido introducida en más de 50 países del mundo para el control de las plantas acuáticas y para el cultivo de peces. La carpa Herbívora es polífaga, sin embargo, prefiere plantas acuáticas y crece más rápido en agua cálida. Su sabor es similar al de la carpa ordinaria.

Ha sido cultivada en las lagunas de Taiwan y el suroeste de los países Asiáticos para consumo humano. Se dice que la reproducción natural de la carpa herbívora es generalmente difícil, excepto en los grandes ríos/lagunas de los países originarios y en algunos ríos limitados de Japón. Nunca se reproduce en lagunas artificiales. Por lo tanto, el cultivo de carpa herbívora es usualmente realizado mediante el empleo de pecesillos reproducidos artificialmente.

Sin embargo, en Estados Unidos el uso de la carpa herbívora a gran escala ha sido limitado o regulado debido al miedo sobre su reproducción y su impacto negativo en la pesca deportiva hasta 1984, año en que fue desarrollada una carpa herbívora no reproductora. La nueva especie desarrollada es un triploide estéril con un número de cromosoma (3N). Por otro lado, la carpa herbívora natural es diploide con cromosoma número (2N). La capacidad de control de la planta acuática por la carpa herbívora triploide es la misma que la diploide.²⁾

La carpa herbívora puede vivir en el agua a temperaturas de 0 °C a 35 °C³⁾. Sin embargo, el consumo de plantas acuáticas es mayor en agua cálida. De acuerdo con el experimento de R. V. Kilambi y de W. R. Robinson,⁴⁾ la carpa herbívora consumió hierbas hasta en agua fría a 12.8 °C aunque su volumen de consumo fue pequeño. Consumió 5 veces más que a una temperatura de 12.8 °C con una temperatura de 18.3 °C a 29.4 °C. Se dice que en Japón la carpa herbívora crece bien a una temperatura del agua de 20 °C a 30 °C⁵⁾.

En Japón, generalmente, la carpa herbívora se vuelve adulta después de 3 a 4 años y el peso corporal de un pez adulto está entre el rango de 5kg y 20kg. Yoshio Sakurai asumió la curva de crecimiento de la carpa herbívora con base en la información experimental previa como se muestra a continuación, en el estudio para control de plantas acuáticas por carpa herbívora en la laguna de Nojiri de Japón.⁶⁾

| Edad (año) | Peso Corporal (kg.) | Edad (año) | Peso Corporal (kg.) |
|---------------|------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 0.6 | 5 | 12 |
| 2 | 3.0 | 6 | 15 |
| 3 | 6.0 | 7 | 18 |
| 4 | 9.0 | 8 | 20 |

De acuerdo con las experiencias de Estados Unidos, la carpa herbívora puede crecer a una tasa de dos (2) libras (0.91kg) o más por (1) mes en aguas cálidas, cuando hay suficiente vegetación disponible. En la Florida algunos peces han crecido hasta 40 libras (18 kg) con un lapso de vida aparente de aproximadamente 10 años.²⁾

La carpa herbívora prefiere las plantas sumergidas y de plantas jóvenes suaves. Cuando no hay disponible la comida que más prefieren, estos peces se alimentan de la vegetación terrestre que cuelga sobre la superficie del agua. A continuación se muestra el orden aproximado de preferencia de plantas acuáticas que tiene la carpa herbívora en la Florida.²⁾

| Orden | Nombre* | Orden | Nombre | Orden | Nombre* |
|-------|---------------------|-------|-----------------------|-------|------------------------|
| 1 | Hydrilla | 8 | Pondweeds | 15 | Tapegrass or Eel-grass |
| 2 | Musk-grass | 9 | Coontail | 16 | Parrott-feather |
| 3 | Southern Maiad | 10 | Torpedograss | 17 | Water Hyacinth |
| 4 | Brazilian Elodea | 11 | Cattail | 18 | Water-lettuce |
| 5 | Water-meal | 12 | Water-aloe | 19 | Water-lilies |
| 6 | Duck Weeds | 13 | Watercress | 20 | Spatterdock |
| 7 | Azolla o Water-fern | 14 | Eurasian Watermilfoil | | |

* Nombres en inglés.

De acuerdo con Vergin B. V., V. Nguen y D. Nguen,⁷⁾ una carpa herbívora come hierba (en peso húmedo) tanto como 1.0-1.5 veces su peso corporal por en (1) día cuando la hierba es su planta acuática favorita y 30 - 60% de su peso corporal aún cuando la hierba sea una planta terrestre.

En la Florida, las plantas acuáticas han sido exitosamente controladas por la carpa herbívora en muchas lagunas y canales.²⁾ En Japón, Kazuo Nakamura disminuyó las plantas acuáticas a 30% de la cantidad original en una laguna durante un (1) año (nov. 1955 – oct. 1956) liberando carpas herbívoras de 16 kg/ha de peso.⁸⁾

En la laguna Nojiri de Japón, la gente del lugar liberó 5,000 pecesillos (aproximadamente de 5 cm) de carpa herbívora para controlar el exceso de plantas sumergidas y flotantes en la zona litoral de la laguna en noviembre de 1978. Las plantas sumergidas y flotantes habían desaparecido por completo para agosto de 1982. Por otro lado, la extinción de estas plantas acuáticas ha causado daños sobre la producción de camarones. Luego, las carpas herbívoras fueron recogidas de la laguna para recuperar la producción de camarones. Esta falla se debió claramente al exceso de densidad de carpas herbívoras.⁶⁾ A continuación se muestran características importantes de la Laguna Nojiri.

| | |
|----------------------|--|
| Elevación | 654 m sobre el Nivel del Mar |
| Area de la Laguna | Area de la laguna: 390 ha, Area de Agua menos profunda de 5 m: 80 ha, Area de Crecimiento de las Plantas Acuáticas: 20 ha |
| Profundidad del Agua | Max. Profundidad del Agua: 38 m, Profundidad promedio del Agua: 21 m |
| Calidad del Agua | pH: 7.3-8.4, Transparencia: 4.5 m, DO: 9.7 mg/l, DQO _{Mn} : 1.7 mg/l, T-N: 0.17 mg/l, T-P: 0.005 mg/l, Temperatura: 1.3 – 25.0 °C |

La Laguna Nojiri es oligotrófica. La temperatura promedio al mes se muestra a continuación.

| Mes | Temp. Agua (°C) | Mes | Temp. Agua (°C) | Mes | Temp. Agua (°C) |
|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|
| Ene. | 1.9 | Mayo | 13.6 | Sep. | 20.9 |
| Feb. | 1.8 | Jun. | 19.0 | Oct. | 15.2 |
| Mar. | 1.3 | Jul. | 21.9 | Nov. | 8.9 |
| Abr. | 7.1 | Ago. | 25.0 | Dic. | 4.3 |

De los estudios previos mencionados arriba, el control de plantas acuáticas, especialmente el control de la Elodea Brasileira en la Laguna de Fúquene, utilizando carpa herbívora se considera efectivo. Sin embargo, la eficiencia del control no puede ser calculada utilizando los estudios previos porque la temperatura del agua de la Laguna no es lo suficientemente caliente (17 °C). La tasa de crecimiento y la tasa de consumo de alimento de una Carpa herbívora en la laguna de Fúquene se calculó con un experimento de campo, como se describe en la siguiente Sección.

3.3 Experimento de Campo para Medidas de Control de las Plantas Acuáticas

3.3.1 Experimento para Utilizar la Elodea como Fertilizante

(1) Metodología Experimental

Se llevó a cabo un experimento de campo para evaluar la efectividad del uso de la Elodea como fertilizante para tierras de pastura, en cooperación con la CAR. El experimento se realizó aproximadamente durante ocho (8) meses desde finales de mayo, 1999, hasta enero, 2000.

El experimento se desarrolló para los siguientes dos (2) lotes experimentales con diferentes clases de suelos, localizados en el plano occidental de la laguna.

| Lote | Condición |
|----------|---|
| Bloque-1 | Alto contenido de materia orgánica (mayor que 9%) |
| Bloque-2 | Bajo contenido de materia orgánica (menos de 2%) |

Para cada lote experimental, se condujeron los siguientes cinco (5) casos:

| Caso | Condición |
|------|-----------------------------------|
| 1 | Cubierto con 75 cm de Elodea |
| 2 | Cubierto con 50 cm de Elodea |
| 3 | Cubierto con 25 cm de Elodea |
| 4 | Solo fertilizante químico |
| 5 | Ni Elodea ni fertilizante químico |

Los efectos de los experimentos se evaluaron en términos de producción de pastura (especie: Kikuyo) por unidad de área de tierra.

(2) Resultados del Experimento

(a) Condición inicial del Suelo de la Tierra Experimental

Las propiedades físicas y químicas de los suelos en las tierras de experimentación de pastura se analizaron con anterioridad al comienzo del experimento. Estas se resumen a continuación.

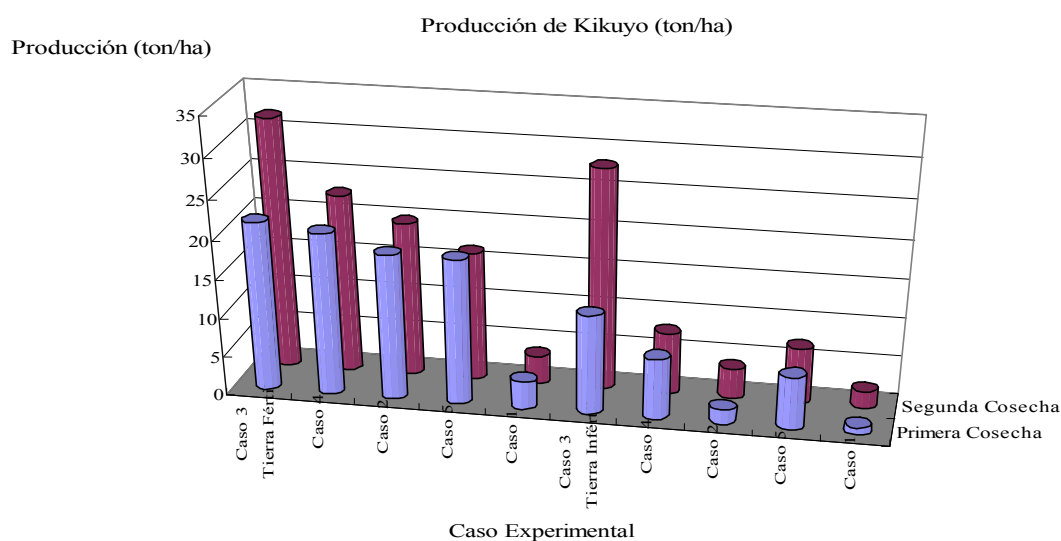
| Classificación | Propiedades del suelo | Bloque-1 (Tierra Fértil) | Bloque-2 (Tierra Infértil) |
|-------------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Propiedad Física | Arena (%) | 36 | 16 |
| | Limo (%) | 18 | 52 |
| | Arcilla (%) | 46 | 32 |
| Propiedad Química | pH | 4.2 | 5.5 |
| | Materia orgánica (%) | 9.95 | 1.22 |
| | Ca (meq/100g) | 6.05 | 3.75 |
| | Mg (meq/100g) | 1.34 | 1.18 |
| | K (meq/100g) | 0.34 | 0.31 |
| | Na (meq/100g) | 0.15 | 0.11 |
| | P (mg/kg) | 8.3 | 3.3 |

(b) Producción de Pastura (Kikuyo)

El fertilizante verde de Elodea se descompone mejorando lentamente las condiciones del suelo. La generación de efectos como fertilizante es lenta, y diferente al fertilizante químico. Por lo tanto, los efectos de la Elodea como fertilizante verde se confirmaron a través de dos (2) etapas de recolección de pastura. La producción de pastura en las dos (2) etapas de recolección de pastura se muestra abajo.

| Bloque | Caso Experimental | Primera Recolección (ton/ha) | Segunda Recolección (ton/ha) |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| B-1 (Tierra Fértil) | Caso 3 (25cm Elodea) | 21.67 | 32.00 |
| | Caso 4 (Fertilizante Químico) | 20.81 | 22.83 |
| | Caso 2 (50cm Elodea) | 18.71 | 19.82 |
| | Caso 5 (Nada) | 18.70 | 16.61 |
| | Caso 1 (75cm Elodea) | 3.57 | 3.67 |
| B-2 (Tierra Infertil) | Caso 3 (25cm Elodea) | 12.84 | 28.23 |
| | Caso 4 (Fertilizante Químico) | 7.85 | 7.95 |
| | Caso 2 (50cm Elodea) | 1.94 | 3.87 |
| | Caso 5 (Nada) | 6.83 | 7.24 |
| | Caso 1 (75cm Elodea) | 0.97 | 2.24 |

Las unidades de producción de pastura de arriba se ilustran en el gráfico



De acuerdo con la figura de arriba, la producción de pastura de cada bloque se resume abajo.

(c) Evaluación de los Resultados Experimentales

- (i) La producción de pastura del Caso-1 (75 cm de espesor) y el Caso-2 (50 cm de espesor) son menores a los del Caso-3 (25 cm de espesor) en ambas etapas de recolección. La producción del Caso-1 y el Caso-2 se demoraron en mostrar su posible capacidad, debido posiblemente a la sombra de la luz solar sobre la pastura. Por lo tanto, el caso-3 es más eficiente que el Caso-1 y el Caso-2.
- (ii) En la tierra fértil, el Caso-3 no produjo mucho efecto comparado con el Caso-5 (nada) en la primera etapa de recolección. Sin embargo, produjo dos veces (2) veces lo del Caso-5 en la segunda etapa de recolección. Esto quiere decir que el fertilizante verde puede mostrar sus efectos lentamente.
- (iii) En la tierra infértil, los efectos del fertilizante verde fueron mucho mayores que los de la tierra fértil. El Caso-3 produjo el doble del Caso-5

(nada) en la primera etapa y cuatro (4) veces en la segunda etapa.

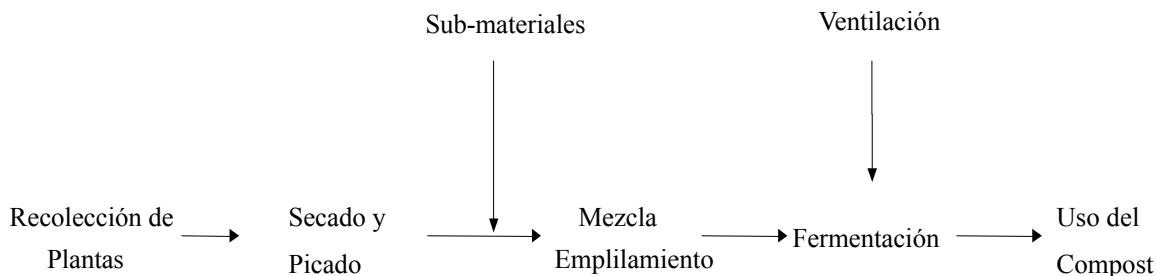
- (iv) El fertilizante verde de Elodea muestra un efecto considerable en la producción de pastura. Los efectos son mayores en tierra infértil que en tierra fértil. Sin embargo, el uso de fertilizante verde de Elodea puede estar limitado a la tierra fértil adyacente a la Laguna porque la tierra infértil está en su mayoría distante de la Laguna.
- (v) Se pueden necesitar más estudios experimentales para conocer los efectos cuantitativos de la Elodea como fertilizante verde en el área fértil de las tierras adyacentes a la Laguna.

Sobre resultados detallados del experimento anterior de fertilizante verde, vea el Anexo I.

3.3.2 Experimento de Abono de Plantas Acuáticas

(1) General

El abono se ha utilizado en todo el mundo como fertilizante, acondicionador de suelos, material de relleno y medio horticultural en tierra de jardines. El abono se mezcla frecuentemente con fertilizantes químicos para lograr una concentración nutricional adecuada para el logro de cosechas. La materia orgánica del abono es un excelente acondicionador de suelo porque está estabilizada, descompuesta lentamente, y por lo tanto se mantiene efectiva durante un largo período de tiempo. El abono de plantas acuáticas también se ha utilizado ampliamente. El abono se produce usualmente por medio de los procesos siguientes.



El abono hecho con plantas acuáticas generalmente es adecuado para vegetales verdes y flores (espinaca, lechuga, etc.) debido a su baja concentración comparativa de fósforo (P).

(2) Estudios Previos y Aplicación de Abono de Plantas Acuáticas

El abono de plantas acuáticas se ha experimentado o aplicado actualmente en Japón y otros países. Algunos ejemplos representativos de esos experimentos y aplicaciones se muestran a continuación.

| No. | País | Situación | Plantas Acuáticas | Objetivo | Escala | Periodo de Abono (mes) | Cosecha Objeto |
|-----|------------|--------------------------------|-------------------|----------|-----------------|------------------------|---------------------|
| 1 | Japón | L. Teganuma ⁹⁾ | Flotantes | F&S | 310 ton/año. | 5 | Espiunaca, etc. |
| 2 | Japón | L. Abashiri ¹⁰⁾ | Sumergidas | F&S | 30 ton/ha* | 1 | Rábano |
| 3 | Japón | Experimento ¹¹⁾ | Flotantes | F | - | 1 | - |
| 4 | Japón | Experimento ¹²⁾ | Flotantes | F | - | 1-2 | - |
| 5 | Japón | Okayama ¹³⁾ | Flotantes | F | - | 0.5 | Arrozal |
| 6 | Thailandia | Experiment ¹⁴⁾ | Flotantes | F | - | 3 | - |
| 7 | Myanmar | WhTodo el país ¹⁵⁾ | Flotantes | F | 5 carretas/acre | - | Arrozal |
| 8 | Egipto | Cuanca río Nilo ¹⁶⁾ | Flotantes | F&S | 50,000 ton/año. | - | Cosecha tierra alta |
| 9 | India | Experimento ¹⁷⁾ | Flotantes | F | 15 ton/ha. | - | Arrozal |

Nota: 1) F&S: fertilizant y acondicionador de suelo 2) F: fertilizante 3) *: calculado por el Grupo de Estudio

Los siguientes factores se consideran importantes en la producción de abono: (i) período necesario de abono, (ii) temperatura atmosférica y (iii) sub-materiales para facilitar la fermentación.

(a) Período Necesario del Abono

El período necesario del abono generalmente varía dependiendo de las propiedades de los materiales brutos (contenido de agua, características de la fibra, tasa de carbón e nitrógeno (C/N)), efectos de la ventilación calidad y cantidad de los sub-materiales, y magnitud de la masa del abono. Sin embargo, de acuerdo con los experimentos y aplicaciones mencionados anteriormente, el período de abono del Buchón se encuentra en el rango de 0.5 a 5 meses. Por lo tanto, cinco (5) meses se consideran suficientes para completar el abono del Buchón, en general.

(b) Temperatura Atmosférica

El abono de plantas acuáticas se puede producir solo bajo una alta temperatura. Sin embargo, esto no quiere decir que se requiere una alta temperatura atmosférica para la producción de abono. En el proceso de la producción de abono se descomponen primero los submateriales, produciendo un crecimiento de la temperatura interna de la masa de los materiales del abono. Usualmente, la temperatura interna sube hasta 60-70 °C. Esta alta temperatura interna fermenta fácilmente los materiales brutos del abono para producir abono.

Consecuentemente, la temperatura atmosférica no afecta mucho la eficiencia en la producción de abono. De hecho, la producción de abono ha sido efectiva aún en Hokkaido, Japan donde la temperatura ambiente es más baja que la del área de la Laguna de Fúquene.

(c) Sub-materiales

En los experimentos y explicaciones anteriores, se utilizó aserrín, paja, hojas marchitas, estiércol de vacuno/cerdo, como sub-materiales. En esta área de estudio, se encuentran disponibles estiércol vacuno y desechos de producción azucarera con alto contenido de fermentación.

(2) Calidad Usual Necesaria para el Uso de Abono

El Instituto Colombiano Agrícola (ICA) emitió un manual técnico sobre la

utilización de abono¹⁸⁾. De acuerdo con este manual, la calidad requerida de los nutrientes del abono y metales pesados se resume abajo.

| (Peso Seco) | | | | |
|-----------------|-------------------------------|------------------|---------------|----------------------|
| Item | Unidad | Calidad objetivo | Observaciones | |
| Nutrientes | Materia orgánica | (%) | 25 | |
| | N | (%) | 1.0 | |
| | P ₂ O ₅ | (%) | 1.0 | Equivalente P = 0.43 |
| | K ₂ O | (%) | 1.0 | Equivalente K = 0.83 |
| | Contenido de humedad | (%) | 40 | |
| | 90% Tamaño | (cm) | 2.5 | |
| Metales pesados | Cd | (mg/kg) | 10 | |
| | Cu | (mg/kg) | 450 | |
| | Ni | (mg/kg) | 120 | |
| | Pb | (mg/kg) | 150 | |
| | Zn | (mg/kg) | 1,100 | |
| | Hg | (mg/kg) | 7 | |
| | Cr | (mg/kg) | 400 | |

(4) Experimentos de Abono de Plantas Acuáticas en la Laguna de Fúquene

(a) Metodología del Experimento

El experimento se hizo para los siguientes 20 casos.

| No. | Material de Abono | Aditivo | Condición |
|-----|--|-----------------------|-----------|
| 1 | Principalmente Elodea | Ninguno | (1) |
| 2 | Principalmente Buchón | Ninguno | (1) |
| 3 | Principalmente Junco | Ninguno | (1) |
| 4 | Mezcla de Elodea y Buchón | Ninguno | (1) |
| 5 | Mezcla de Elodea, Buchón y Pequeñas Plantas Emergentes | Ninguno | (1) |
| 6 | Principalmente Elodea | Estiércol vacuno: 5% | (1) |
| 7 | Principalmente Buchón | Estiércol vacuno: 5% | (1) |
| 8 | Principalmente Junco | Estiércol vacuno: 5% | (1) |
| 9 | Mezcla de Elodea y Buchón | Estiércol vacuno: 5% | (1) |
| 10 | Mezcla de Elodea, Buchón y Pequeñas Plantas Emergentes | Estiércol vacuno: 5% | (1) |
| 11 | Principalmente Elodea | Estiércol vacuno: 10% | (1) |
| 12 | Principalmente Buchón | Estiércol vacuno: 10% | (1) |
| 13 | Principalmente Junco | Estiércol vacuno: 10% | (1) |
| 14 | Mezcla de Elodea y Buchón | Estiércol vacuno: 10% | (1) |
| 15 | Mezcla de Elodea, Buchón y Pequeñas Plantas Emergentes | Estiércol vacuno: 10% | (1) |
| 16 | Principalmente Elodea | Estiércol vacuno: 10% | (2) |
| 17 | Principalmente Buchón | Estiércol vacuno: 10% | (2) |
| 18 | Principalmente Junco | Estiércol vacuno: 10% | (2) |
| 19 | Mezcla de Elodea y Buchón | Estiércol vacuno: 10% | (2) |
| 20 | Mezcla de Elodea, Buchón y Pequeñas Plantas Emergentes | Estiércol vacuno: 10% | (2) |

Nota: (1): aireada por tubo de ventilación

(2): aireada por mezcla de materiales

El experimento se condujo en cooperación con la CAR, colocando los materiales compostados en 20 cajas de almacenamiento (cada una de 1 metro cúbico), cada una con un drenaje en las vecindades del puerto. Los materiales a experimentar fueron colocados en condición aeróbica para acortar el periodo de compostaje. Para este propósito, las cajas No.1 y No.15 se

proveyeron de un tubo de ventilación cada una. Por otro lado, las cajas No. 16 y No. 20 se airearon mediante la mezcla del material a diario. Los siguientes factores físico químicos se midieron en el experimento para evaluar los efectos del compostaje.

| Item de Medición | Tiempo de Medición |
|----------------------|--|
| Volumen | Al comienzo del experimento y cada mes |
| Peso | Al comienzo y al final de experimento |
| PH | Al comienzo del experimento y cada mes |
| Humedad | Al final del experimento |
| Contenido de Cenizas | Al final del experimento |
| C | Al final del experimento |
| N | Al final del experimento |
| P | Al final del experimento |
| Numero de Bacterias | Al final del experimento |
| K | Al final del experimento |
| Mg | Al final del experimento |

El experimento se realizó durante tres y medio meses (3.5) desde comienzos de septiembre de 1999 hasta mediados de diciembre, 1999 con las siguientes fechas detalladas: recolección en septiembre 10-11, colocado en caneca con abono en septiembre 19-21 y completado en diciembre 17.

(b) Resultados del Experimento

(i) Características Químicas de las Plantas Acuáticas

Las características químicas de las plantas acuáticas se analizan como sigue.

| (Peso Seco) | | | | |
|----------------------|---------|--------|--------|--------|
| Item | Unidad* | Elodea | Buchón | Juncos |
| Contenido de Humedad | (%) | 92.2 | 91.0 | 76.9 |
| Contenido de Ceniza | (%) | 20.8 | 16.8 | 7.4 |
| N | (%) | 2.85 | 1.84 | 1.03 |
| P | (%) | 0.23 | 0.13 | 0.05 |
| Tasa N/P | - | 12.4 | 14.2 | 20.6 |
| K | (%) | 2.81 | 1.91 | 0.97 |
| Ca | (%) | 1.21 | 1.09 | 0.11 |
| Mg | (%) | 0.17 | 0.18 | 0.05 |
| Fe | (%) | 1.10 | 1.86 | 0.01 |
| Pb | (mg/kg) | N.D. | N.D. | N.D. |
| Hg | (mg/kg) | 0.45 | 0.45 | 0.71 |
| Cr | (mg/kg) | 0.74 | 1.75 | 0.47 |
| Cu | (mg/kg) | .6.4 | 7.3 | 2.0 |
| Zn | (mg/kg) | 137.3 | 47.9 | 20.2 |
| As | (mg/kg) | 1.4 | 1.5 | 1.1 |

Note: N.D.: No detectado

(ii) El Volumen Promedio

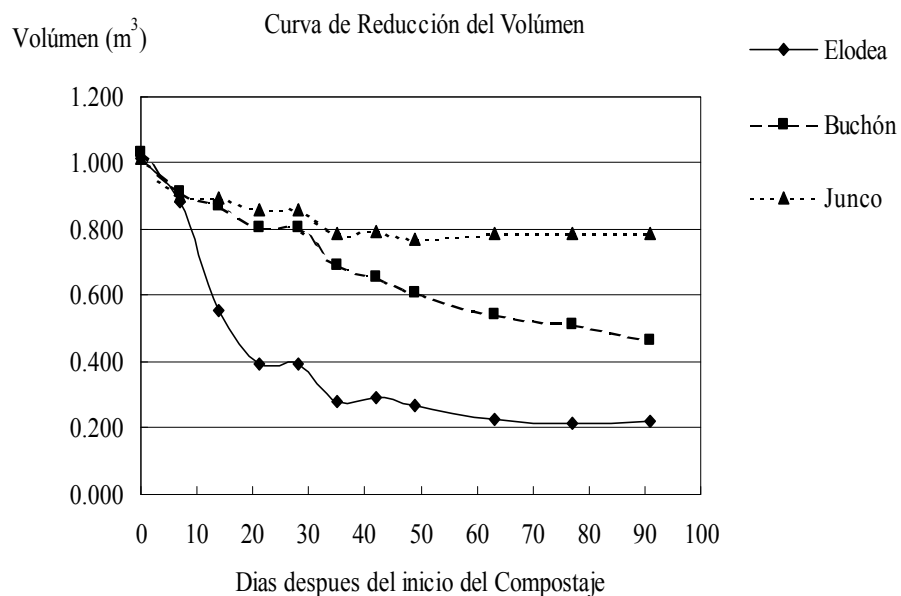
El volumen y peso promedio de las plantas acuáticas se redujo como se muestra abajo por el proceso de abono.

| Item | Planta Acuática | En el Tiempo Inicial de Abono (%) | En el Tiempo Final de Abono (%) |
|---------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Volumen | Elodea | 100 | 22 |
| | Buchón | 100 | 45 |
| | Juncos | 100 | 78 |
| Peso | Elodea | 100 | 32 |
| | Buchón | 100 | 57 |
| | Juncos | 100 | 46 |

Aún más, las curvas de reducción de volumen de las tres (3) plantas acuáticas se muestra abajo.

Como se muestra en el gráfico abajo, la reducción del volumen de Elodea terminó 70-80 días después del comienzo del proceso de producción de abono. Eso quiere decir que la descomposición de Elodea se completó casi totalmente en este período. Sin embargo, el volumen del Buchón se hallaba en proceso de reducción aún al final de la etapa de este experimento. Se necesita más tiempo para lograr una descomposición satisfactoria.

De otra parte, la reducción del volumen de Juncos terminó en 30 días después de iniciarse la descomposición. La tasa de reducción es pequeña y no se espera más descomposición. Se considera que esto se debe a su condición fibrosa.



Sobre resultados detallados del anterior experimento vea el Anexo II.

(5) Conclusión

Las siguientes conclusiones se derivan de experiencias anteriores en Japón y otros

países y del experimento de campo de este Estudio.

- (a) Se puede producir abono de Elodea y Buchón en el área de estudio sin importar la baja temperatura atmosférica. Sin embargo, el abono de Juncos es difícil.
- (b) El abono de Elodea y Buchón se puede lograr en 3 y 5 meses respectivamente.
- (c) Trabajos preparatorios de machacar y exprimir plantas acuáticas antes del proceso de producción de abono reducirá más adelante el peso/volumen inicial y el período requerido de abono. Un gran apilamiento de materiales brutos de abono generarán una más alta temperatura interna que la menor escala del experimento actual, produciendo una mayor reducción del período de producción de abono.
- (d) La producción de abono de Elodea y Buchón para satisfacer los requisitos del ICA es posible. Solo la concentración de fósforo (P) es menor al requisito, sin embargo, esta carencia puede superarse agregando algo de fertilizante químico con alta concentración de P. La concentración de metal pesado es muy pequeña comparada con los patrones.

3.3.3 Experimento de Control de Plantas Acuáticas con Carpa Herbívora

(1) General

Para el experimento, se importaron 547 carpas triploides estériles con un número cromosómico (3N) con permiso del Ministerio del Medio Ambiente el 29 de septiembre, 1999. Se mantuvieron temporalmente en un tanque de cuarentena de la Laguna del Neusa para ser inspeccionadas por el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA). Luego, se liberaron en la jaula y el corral experimental de la Laguna de Fúquene el 11 de octubre, 1999. Durante el período de inspección murieron 17 carpas. Entre las restantes 530, 271 fueron liberadas en la jaula y 259 en el corral.

El experimento se realiza para los dos casos siguientes, con cooperación de la CAR.

(2) Metodología del Experimento

(a) Experimento en Jaula

Una (1) jaula flotante de redes con (6 m) largo x ancho (6 m) x profundidad (3 m) se instaló cerca de la isla Santuariuo. El área de agua en este sitio es 6.0 m de profundidad sin plantas acuáticas creciendo.

Este experimento se realiza para analizar las características de la Carpa herbívora tales como la secuencia de alimento preferido, tasa de crecimiento, tasa de consumo de hierba, enfermedad, etc. La anterior tasa de consumo y crecimiento se incrementa con el paso del tiempo. Por lo tanto, el experimento está programado para continuar por más de 2 o 3 años.

(b) Experimento en Corral

Se instalaron cuatro (4) corrales experimentales en un sitio pando (profundidad

de 2.0 m) cerca de la Isla Santuario donde la Elodea crece densamente, cada corral se encerró con mallas con un tamaño de (15 m) x (15 m) x (4.0m incluyendo margen). La Elodea dentro del corral se recolectó a lo largo de las mallas en cinco (5) metros de ancho, luego, el área actual de crecimiento de Elodea es de 10m x 10m. Los corrales experimentales se instalaron aireadores para mantener el oxígeno necesario.

Este experimento se realiza para establecer la tasa de crecimiento de la Carpa herbívora y la tasa de consumo de Elodea bajo las condiciones naturales existentes. La tasa de consumo se mide recolectando la Elodea sobrante en el corral. El experimento comenzó en el primer corral y continuará trasladando las carpas al segundo corral y luego al tercero y al cuarto en cada medida de tiempo.

Estos experimentos continuarán por dos o tres años porque la tasa de crecimiento y de consumo se incrementa con el paso del tiempo.

(3) Resultados del Experimento

(a) Experimento en Jaula

271 alevinos con un tamaño promedio de 10.0 cm (16.0 g) fueron liberados en la jaula el 11 de octubre, 1999. La calidad del agua se controló el 10 de noviembre, 1999, como se muestra abajo.

| Item | Superficie | 1.0 m bajo Superficie | Observaciones |
|------------------|------------|-----------------------|---------------------------|
| pH | 7.6 | 7.6 | Tiempo: 10:40 a.m |
| Temperatura (°C) | 19.3 | 18.5 | Tiempo nublado sin lluvia |
| OD (mg/l) | 7.7 | 7.9 | Día |

Luego, 49 peces murieron durante el período de noviembre 8 a noviembre 25. Entonces, los demás peces, excepto uno fueron regresados al tanque de cuarentena de la Laguna del Neusa. 37 pescados murieron inmediatamente después del traslado a la laguna del Neusa. Los 184 vivos todavía están en el tanque de cuarentena.

Por otro lado, el pez dejado en la Laguna de Fúquene aún está vivo.

Las muertes mencionadas arriba pueden atribuirse a la alta turbiedad de la Laguna causada por la inundación de noviembre, conocida como la mayor de la historia reciente de la Laguna.

El 12 de enero, 2000, se midió el tamaño y peso de las carpas del tanque de cuarentena de la Laguna del Neusa. Los resultados se muestran abajo, comparados con los del comienzo del experimento.

| Fecha | Tamaño promedio ((cm) | Peso promedio (g) |
|-----------------|-----------------------|-------------------|
| Oct. 11, 1999 | 10.0 | 16.0 |
| Enero. 12, 2000 | 10.24 | 11.47 |

(b) Experimento en Corral

259 fingerlings comparativamente grandes con un tamaño promedio de 15.0 cm (75.0 g) fueron liberados en el primer corral el 11 de octubre, 1999. La calidad del agua en el corral se controló el 10 de noviembre, 1999, como se muestra abajo.

| Item | Superficie | 1.0 m bajo Superficie | Observaciones |
|------------------|------------|-----------------------|---------------------------|
| PH | 7.4 | 7.4 | Tiempo: 10:30 a.m |
| Temperatura (°C) | 18.5 | 18.4 | Tiempo nublado sin lluvia |
| OD (mg/l) | 10.4 | 10.3 | |

De 259 pescados, 62 se murieron hasta el 7 de diciembre, 1999. Sin embargo no se registro mortalidad después. Actualmente 197 están en el corral. Se considera que la muerte ocurrió debido a la mortalidad anormalmente alta turbiedad del agua en el corral, causada por la inundación.

El 11 de enero, 2000, se midió el tamaño y peso de las carpas en el primer corral. Los resultados se muestran abajo, comparados con los del comienzo del experimento.

| Fecha | Tamaño promedio (cm) | Peso promedio(g) |
|----------------|----------------------|------------------|
| Oct. 11, 1999 | 15.0 | 75.0 |
| Enero 11, 2000 | 20.5 | 95.3 |

El mismo día, la Elodea restante de 100 m² del primer corral se retiró. La cantridad recogida era 641 kg (6.41 kg/ m²). De otra parte, la densidad original de Elodea se calcula en be 18.89 kg/ m². O sea que la cantidad de Elodea consumida por las carpas se calcula en 1,248 kg (12.48 kg/ m²).

Además, las carpas del primer corral se trasladaron al segundo corral para continuar el experimento.

De la información anterior, el consumo promedio unitario durante tres meses, de octubre 11, 1999 a enero 11, 2000 se calcula como sigue.

Tasa de Consumo Unitario = 1,248 kg / 90 días / 197 pescados = 70 g/día/pescado

Se dice generalmente que una carpa adulta come tanta hierba como el peso de su cuerpo diariamente si hay suficiente hierba favorita disponible y las más jóvenes comen más. La tasa de consumo de arriba del experimento se considera razonable, considerando la desventaja de la baja temperatura del agua en la Laguna.

El experimento debe continuar para obtener la conclusión final de tasa de consumo unitario de Elodea. Sin embargo, el control de la Elodea por medio de la Carpa herbivora se considera posible.

3.4 Selección del Uso Optimo de Plantas Acuáticas

3.4.1 Uso de Plantas Sumergidas Cosechadas (Elodea)

Tres (3) usos alternativos de la Elodea: (i) como fertilizante verde para pastura (ii) cuso como abono para cultivos de flores y (iii) uso como abono para cultivos de papas, se comparan como sigue.

(1) Uso Comno Fertilizante Verde para Tierras de Pastura

La Elodea recolectada se usa como fertilizante verde para tierra de pastura en las áreas aledañas a la Laguna.

Los trabajos necesarios incluyen la recolección mecánica, transporte en bote y descargue en la orilla. La Elodea se descargará ene el mayor número posible de sitios para conveniencia del uso de los agricultores. Se asume queie los hacendados trstransportarán la Elodea descargada hasdta sus tierras de pastura. El costo necesario incluyendo la recolección, transporte en la laguna y descargue se calcula en 15,300 Col\$/ton en peso húmedo con un desglose de 8,900 Col\$/ton de costo de O&M y 6,400 Col\$/ton de costo de depreciación de equipo.

Como se discutió en la Sub-sección anterior 3.3.1, el fertilizante verde de elodea puede producir extensos efectos sobre el crecimiento de pastura en los alrededores de la Laguna. Sin embargo, se duda que los hacendados quieran pagar el costo de cosecha de Elodea, en este momento. Por lo tanto, todo el costo lo asume la CAR en este Estudio.

(2) Uso de Abono para Cultivos de Flores

Algunos tipos de cultivos se usan para el cultivo de flores de aproximadamente 4,000 ha ene el área metropolitana de Bogotá (principalmente en la región de Zipaquira). De acuerdo con la encuesta-entrevista, algunos granjas grandes utilizan solo abono para cultivo de flores sin fertilizante químico suyplementario. El consumo unitario de abono en la granja de arriba se calcula en 65 ton/ha/año con el siguiente desglose: 44 ton/ha antes del cultivo y 7 ton/ha cada 3 meses. Luego, el abono de máxima potencial de demanda de abono en el area metro´politana se calcula inicialmente en 260,000 ton/año. El abono se vende a 120,000 Col\$/ton en Bogota y 140,000 Col\$/ton en las areas suburbanas actualmente.

La viabilidad del uso de abono de Elodea para cultivo de flores se estudia como sigue.

El contenido de nutrientes de este abono se muestra abajo comparados con los de Elodea.

| Componente | Abono Utilizado (%) | | Elodea (%) | |
|------------|---------------------|-----------|------------|------------|
| | Peso Abono | Peso Seco | Peso Seco | Peso Abono |
| Humedad | 29.92 | 0.00 | 0.00 | 30.00 |
| T-N | 0.82 | 2.85 | 2.85 | 2.00 |
| T-P | 0.40 | 0.23 | 0.23 | 0.16 |
| K | 1.52 | 3.39 | 3.39 | 2.37 |

El abono hecho de Elodea es suficiente en T-N y K pero corto en T-P. La careencia de T-P es 2.4 kg por (1) ton de abono de Elodea. Se necesita algun aditivo para proporcionar T-P al abono de Elodea. Un aditivo de fertilizante químico (Di-ammonium Phosphate) se consigue en Bogotá a un precio de mercado de 550 Col\$/kg. Este fertilizante químico contiene 20% de T-P en peso seco. Por lo tanto, se necesita agregar fertilizante químico de 12 kgs. Al abono de Elodea por (1) ton.

El costo unitario de producción incluyendo la cosecha, abono, transporte y aditivo se calcula en 187,200 Col\$/ton en peso de abono con el siguiente desglose. En este cálculo de costo la distancia de transporte se calcula en 60 km entre la Laguna de Fúquene y el cultivo de flores en el área (Zipaquirá).

| Item | Costo de Producción Unitaria de Abono de Elodea (Col\$/ton) |
|---------------------|---|
| Cosecha O&M | 62,600 |
| Abono O&M | 30,000 |
| Equipo/Depreciación | 70,000 |
| Transporte | 18,000 |
| Aditivo | 6,600 |
| Total | 187,200 |

(3) Uso de Abono para Cultivo de Papa

El abono de Elodea se usa en el cultivo de papa como alternativa del fertilizante químico.

Aproximadamente 16,933 ha de papa se cultivan en el área de estudio de las cuales 14,350 ha o 85% en Carmen de Carupa (3,500 ha), Tausa (3,000 ha), Suesca (1,550 ha), Villapinzon (1,800 ha), Lenguazaque (3,000 ha) and Saboyá (1,500 ha). En estos cultivos utilizan actualmente fertilizante químico.

El fertilizante químico utilizado en el cultivo de papa tiene contenido nutritivo muy alto comparado con el de Elodea como se ve abajo.

| Componente | Fertilizante Químico (%) | | Elodea (%) | |
|------------|--------------------------|-----------|------------|--|
| | Peso Seco | Peso Seco | Peso Abono | |
| Humedad | 0.00 | 0.00 | 30.00 | |
| T-N | 15.00 | 2.85 | 2.00 | |
| T-P | 6.54 | 0.23 | 0.16 | |
| K | 12.45 | 3.39 | 2.37 | |

Como se ve en la tabla anterior, se necesita 7.5 ton de abono de Elodea para proporcionar la misma cantidad de T-N contenida en el fertilizante químico de una (1) ton. Además, debe adicionarse aditivo fertilizante químico (Di-Ammonium Phosphate con contenido de T-P en 20% en peso seco) para proporcionar T-P. El aditivo requerido se calcula en 267 kg por 7.5 ton de abono de Elodea.

El costo de abono de Elodea (7.5 ton) necesario para sustituir el fertilizante químico de una (1) ton se muestra abajo. En este cálculo de costo la distancia de transporte se calcula en 40 km entre la Laguna de Fúquene y la mayor área de cultivo de papa.

| Item | Costo de Producción de Abono de Elodea Substituto de Fertilizante Químico (Col\$) |
|---------------------|--|
| Cosecha O&M | 469,500 |
| Abono O&M | 225,000 |
| Equipo/depreciación | 525,000 |
| Transporte | 90,000 |
| Aditivo | 146,850 |
| Total | 1,456,350 |

De otra parte, el precio de mercado del fertilizante químico (1) ton utilizado en el cultivo de papa es 510,000 Col\$/ton en Bogotá. El costo en la puerta de la finca se calcula en 534,000 Col\$/ton asumiendo una distancia de transporte entre Bogotá y el área de cultivo de papa de 80 km.

Como es evidente en la anterior comparación de costos, el uso de abono de Elodea como una alternativa del fertilizante químico no es viable económicamente. Además, los granjeros necesitan 7.5 más fuerza laboral en los trabajos de abono comparando con el fertilizante químico.

(4) Conclusión

Como se discutió arriba, el uso de abono en el cultivo de papa es definitivamente no viable. Entonces, el uso de fertilizante verde y el uso de abono en el cultivo de flores se comparan desde el punto de vista económico de la CAR, como sigue.

El costo de producción unitario de abono para cultivo de flores en el mercado (incluyendo costo de transporte hasta Zipaquirá) se calcula en 187,200 Col\$/ton (peso del abono). De otra parte, el precio de venta actual en el mercado es 140,000 Col\$/ton (peso del abono). La compañía de producción de abono puede costear 112,000 Col\$/ton (peso del abono) si la ganancia de la compañía se asume en 20% del precio de venta. En este caso, la CAR debe asumir el costo adicional de 75,200 Col\$/ton (peso del abono), equivalente a 10,700 Col\$/ton (peso húmedo).

De otra parte, la CAR debe asumir 15,300 Col\$/ton (peso húmedo) por el uso de fertilizante verde como se mencionó antes.

Basándose en la comparación anterior de costos de la CAR se recomienda el uso de abono en el cultivo de flores.

3.4.2 Uso de Plantas Acuáticas Recogidas (Buchón)

Se considera difícil la utilización del Buchón como fertilizante en las tierras de pastura circundantes a la Laguna porque el Buchón contiene mucha celulosa que no se descompone fácilmente. Luego hay dos alternativas (2) de uso: (i) el uso de abono para cultivo de flores y (ii) el uso de abono para cultivo de papa, comparados como sigue.

(1) Uso de Abono para Cultivo de Flores

Los componentes nutrientes del Buchón se comparan a los del abono utilizado en cultivos de flores como sigue.

| Componente | Abono utilizado (%) | | Buchón (%) | |
|------------|---------------------|-----------|------------|-----------|
| | Peso Abono | Peso Seco | Peso Abono | Peso Seco |
| Humedad | 29.92 | 0.00 | 30.00 | |
| T-N | 0.82 | 1.84 | 1.29 | |
| T-P | 0.40 | 0.13 | 0.09 | |
| K | 1.52 | 2.30 | 1.61 | |

El abono de Buchón también es suficiente en T-N y K pero corto en T-P. Por lo tanto necesita adicionarse con (Fosfato de Di-amonio con contenido de 20% T-P en peso seco) T-P. El aditivo necesario se calcula en 15.5 kg por ton. De abono de Buchón.

Las islas de Buchón se recogen en forma diferente a la Elodea. Se cortan en pedazos con equipo mecánico y se arrastran en bote al puerto.

El costo de producción unitaria de abono de Buchón incluyendo su remoción, abono, transporte y costos de aditivo se calcula en 110,100 Col\$/ton en peso de abono con el siguiente desglose. En este cálculo la distancia de transporte se asume en 60 km entre la laguna de Fúquene y el área de cultivo de flores (Zipaquira).

| Item | Costo de Producción de Abono de Buchón (Col\$/ton) |
|---------------------|--|
| Remoción O&M | 17,600 |
| Abono O&M | 30,000 |
| Equipo/Depreciación | 36,000 |
| Transporte | 18,000 |
| Aditivo | 8,500 |
| Total | 110,100 |

(2) Uso de Abono para Cultivo de Papa

El uso de abono de Buchón para cultivo de papa como alternativa de fertilizante químico se estudia abajo.

El fertilizante químico utilizado en el cultivo de papa tiene un alto contenido nutriente comparado con los del Buchón como se muestra abajo.

| Componente | Fertilizante Químico (%) | | Buchón (%) | |
|------------|--------------------------|-----------|------------|-----------|
| | Peso Seco | Peso Seco | Peso Abono | Peso Seco |
| Humedad | 0.00 | 0.00 | 30.00 | |
| T-N | 15.00 | 1.84 | 1.29 | |
| T-P | 6.54 | 0.13 | 0.09 | |
| K | 12.45 | 2.30 | 1.61 | |

Como se muestra en la tabla anterior, se necesita 11.6 ton de abono de Buchón para proporcionar la misma cantidad de T-N contenida en (1) ton de fertilizante químico. Además, se necesita adicionar (Fosfato de Di-amonio con T-P 20% de contenido en peso seco) de fertilizante químico para proporcionar T-P. El aditivo necesario se calcula en 275 kg por 11.6 ton de abono de Buchón.

El costo de abono de Buchón (11.6 ton) necesario para sustituir una tonelada de fertilizante químico se muestra abajo. En este cálculo de costo, la distancia de

transporte asumida es de 40 km. entre la Laguna de Fúquene el área de mayor cultivo de papa.

| Item | Costo de Producción de Abono de Buchón para Sustituir Fertilizante Químico (Col\$) |
|----------------------|--|
| Cosecha O&M | 204,160 |
| Abono O&M | 348,000 |
| Equipo /Depreciación | 417,600 |
| Transporte | 208,800 |
| Aditivo | 151,250 |
| Total | 1,329,810 |

De otra parte, El costo del fertilizante químico en la puerta de la finca se calcula en 534,000 Col\$/ton.

Como es evidente de la anterior comparación de costos, el uso de abono de Buchón como alternativa del fertilizante químico es económicamente no viable. Además, los cultivadores necesitan 11.6 veces la fuerza laboral en trabajos de fertilización que se necesita para los fertiulizantes químicos.

Concluyendo de las discusiones anteriores se recomienda el uso de abono en los cultivos de flores.

CAPITULO IV PLAN PROPUESTO DE CONTROL DE PLANTAS ACUATICAS

4.1 Trabajos Propuestos de Control de Plantas Acuáticas

4.1.1 Dragado del Fondo de la Laguna

Las plantas emergentes (principalmente Juncos) crece en las áreas pandas a lo largo de la orilla de la Laguna y se expande hacia el centro de la Laguna. El área existente de plantas emergentes de 899 ha se proyecta que se extienda a 1,596 ha en el futuro (2020) en una tasa promedio de extensión de 33 ha/año (ver, Capítulo III Sub-sección 3.1.1). El promedio de velocidad de movimiento hacia el centro de la Laguna se calcula inicialmente en 10 m/año asumiendo la longitud del promedio de la zona de plantas en crecimiento como 30 km.

De otra parte, el habitat del Junco esta usualmente limitado a los pantanos o áreas de aguas pandas menores a 1.5 m. Luego, se propone dragar la zona frontal de Junco para detener su expansión.

Se propone el dragado para las siguientes areas prioritarias siguientes en consideración a la expansión histórica del Junco mencionada arriba.

- (1) Area costera oriental de la Isla Santuario (distancia: 3 km)
- (2) Area nororiental (distancia: 3 km)
- (3) Areas costeras orientales y occidentales de la salida del Río Suárez (distancia: 3 km)
- (4) Areas costeras orientales y occidentales de la boca del Río Ubaté (distancia: 3 km)

Para la localización de las zonas de dragado, vea la Fig. G.4.1.

Los trabajos de dragado propuestos se resumen abajo.

| Item | Cantidad | Observaciones |
|--------------------------------|------------------------|--|
| Longitud de la Zona de Dragado | 12,000 m | |
| Ancho del Dragado | 20 m | |
| Profundidad de Dragado | 2.0 m | Profundidad de agua: 3.0 m, Plano de nivel de agua : 2,539 m |
| Volumen de Dragado | 480,000 m ³ | |

En este Estudio, los suelos excavados se asume que se depositen en las tierras aledañas de pastura, especialmente en las tierras de baja suelo propensas a la inundación habitual. Esta recuperación de tierra aliviará las tierras de problemas de inundación. El área de recuperación de tierra se calcula inicialmente aproximadamente en 50 ha cuando la profundidad de la recuperación se asume en 0.3-0.5 m.

Sin embargo, se considera necesario un proyecto piloto anterior al proyecto de dragado a escala total para confirmar la efectividad del dragado. El proyecto piloto comprobará los siguientes puntos: (i) efectividad para detener el crecimiento del Junco, (ii) enterramiento del sitio dragado, (iii) deformación topográfica de las tierras aledañas y (iv) recuperación del uso de la tierra en el suelo depositado.

El proyecto piloto se realizará en algún sitio en las áreas aledañas a la boca del Río Ubaté donde pueda hacerse una vigilancia efectiva de los problemas mencionados arriba. Los trabajos de dragado del proyecto piloto se muestran abajo.

| Item | Cantidad | Observaciones |
|---------------------------|-----------------------|--|
| Distancia de Zona Dragada | 300 m | |
| Ancho Dragado | 20 m | |
| Profundidad Dragado | 2.0 m | Profundidad del agua 3.0 m, Plano de nivel de agua : 2,539 m |
| Volumen Dragado | 12,000 m ³ | |

El proyecto piloto se montará lo más pronto posible y el proyecto a escala total comenzará varios años después de la terminación de los trabajos piloto de dragado.

4.1.2 Recolección/Remoción y Conversión en Abono de Plantas Acuáticas

(1) General

Las plantas sumergidas existentes (Elodea) y plantas flotantes (Buchón) se recolectan o remueven junto con el control por medio de la Carpa herbívora. La Elodea recolectada y el Buchón removido se procesan como abono para uso en cultivos de flores.

Para completar el uso de plantas acuáticas, se necesitan las siguientes cuatro etapas de trabajo: (i) recoger/remover las plantas acuáticas, (ii) su procesamiento como abono, (iii) transporte del abono a las fincas (iv) dispersión del abono en las fincas incluyendo la incorporación de aditivos. Las dos (2) etapas anteriores del trabajo: recolección/remoción y procesamiento en abono de plantas acuáticas está incluido en este proyecto de control de plantas acuáticas. Sin embargo las dos (2) últimas etapas de trabajo están excluidas de este proyecto y las realizarán los mismos cultivadores.

La viabilidad técnica del uso de abono de Elodea y Buchón para cultivos de flores se confirmó basándose en el experimento de campo y los estudios previos. Sin embargo, se requieren algunos estudios piloto previos antes del montaje a escala total del proyecto para que los cultivadores puedan aceptar los abonos de Elodea y Buchón para el cultivo de flores. La programación del montaje se asume como sigue.

El proyecto piloto se monta durante tres años del 2001 - 2003 y la operación del proyecto a escala total debe empezar en el 2005.

(2) Recolección/Remoción de Plantas Acuáticas

(a) Remoción del Buchón

El Buchón existente cubre 697 ha con una densidad promedio de 100 kg/m². Se están extendiendo a una tasa alta en algunas partes. De otra parte, están siendo reemplazadas por Junco en otras áreas. Como se describió en el Capítulo III Sub-sección 3.1.1, el área total de Buchón y Junco se incrementará en forma lineal y el área de Buchón se incrementará en 2% anual si se deja sin ningún proyecto. Las áreas de Buchón y el Junco sin proyecto en el 2020 se dan

absajo nuevamente, comparadas con las de 1999.

| Planta | Año 1999 (ha) | Año 2020 (ha) |
|--------|---------------|---------------|
| Junco | 899 | 1,596 |
| Buchón | 697 | 1,058 |
| Total | 1,596 | 2,654 |

De otra parte, el área de Buchón se extenderá a 1,755 ha (=2,654-899) en el 2020 a una tasa anual de 4.5% si se detiene completamente ahora la expansión del Junco y no se reemplaza el área de Buchón por Junco. Por lo tanto, si el proyecto de dragado propuesto para la zona frontal de Junco se completa en el 2010, el área de Buchón se incrementará en 2.0% anualmente hasta el 2010 y a 4.5% después del 2011.

El área de Buchón en el futuro se proyecta como sigue en caso de no haber un proyecto y con solo el proyecto de dragado.

| | | (unidad: ha) | | | | |
|-----------|---------------|--------------|------|------|-------|-------|
| Buchón | Proyecto | 1999 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
| Area (ha) | Sin | 697 | 785 | 867 | 957 | 1,058 |
| Area (ha) | Solo dragando | 697 | 785 | 867 | 1,080 | 1,346 |

Para mayor detalle vea la Tabla G 4.1.

El control de Buchón por medio de la Carpa herbívora es generalmente difícil porque el pez generalmente no prefiere al Buchón. En este estudio, todo el Buchón se remueve mecánicamente. El área de Buchón decrece a aproximadamente 50% de la existente (697 ha) en el año objetivo del estudio (2010) ya casi cero en el año 2015 bajo las siguientes condiciones.

- (i) El proyecto piloto se implantará para tres años 2001 - 2003. La cantidad removida de Buchón durante este período es de 5 ha/año (5,000 ton/año en peso húmedo).
- (ii) La operación real del proyecto a escala total comienza en 2005.
- (iii) El dragado de la zona frontal del área de Junco se completará en el 2010.
- (iv) La tasa de incremento anual del área de Buchón es 2% hasta el 2010 y 4.5% después del 2011.

Con este propósito se necesita remover el Buchón en 75 ha (equivalente a 75,000 ton en peso húmedo) anualmente. En este caso, el área de Buchón o biomasa (peso húmedo) en el futuro se proyecta como sigue.

| Buchón | Proyecto | 1999 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|-------------------|--------------------|---------|---------|---------|--------|-------|
| Area (ha) | Sin | 697 | 785 | 867 | 957 | 1,058 |
| Area (ha) | Dragado y Remoción | 697 | 694 | 376 | 58 | 0 |
| Peso (ton húmeda) | Dragado y Remoción | 697,000 | 694,000 | 376,000 | 58,000 | 0 |

Sobre más detalles vea la Tabla G 4.1.

Los trabajos de remoción incluyen el corte de islas flotantes mecánicamente , arrastrate hasta el puerto y descargue.

(b) Recolección de Elodea

De acuerdo a los experimentos de campo, la tasa de reproducción de Elodea después de su cosecha mecánica, era aún pequeña durante el periodo de éste experimento (2-6 meses). Sin embargo, se considera que la tasa de reproducción se incrementa rápidamente después que la planta haya crecido a cierta altura donde hay suficiente luz solar. En este Estudio, se asume que recobra la biomasa original un año después de la recolección mecánica.

La Elodea crece en toda el área de superficie del agua (área de la Laguna no cubierta por Buchón y Junco) con profundidad menor a 4.0 m. El área total se calcula en 1,204 ha en 1999. La Elodea se considera que muere inmediatamente después de ser cubierta por Junco o Buchón y que se reproduce rápidamente cuando se retira el Junco o el Buchón. Luego, esta área aumentará o disminuirá de acuerdo al cambio en las áreas de Junco o Buchón en el futuro. El área de Elodea se proyecta en el futuro como sigue, para los casos sin proyecto, con solo el dragado y con dragado más remoción de Buchón.

| Elodea | Proyecto | 1999 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|-----------|---------------------|-------|------|-------|-------|-------|
| Area (ha) | Sin | 1,204 | 902 | 649 | 398 | 146 |
| Area (ha) | Solo Dragado | 1,204 | 902 | 649 | 436 | 170 |
| Area (ha) | Dragado y Remoción* | 1,204 | 993 | 1,140 | 1,458 | 1,516 |

*: Remoción de Buchón

Sobre detalles vea la Tabla G 4.1.

La Elodea de arriba se controla mediante recolección mecánica y/ Carpa herbívora. Puede controlarse todo solamente con la Carpa herbívora si la tasa de consumo de la carpa es suficientemente alta. Sin embargo, la tasa de consumo en la Laguna de Fúquene no es clara aún.

La tasa de consumo de la carpa en la Laguna de Fúquene se calcula inicialmente en e 6 kg/pescado/día por pescado de 5-años de edad y 10 kg/pescado/día por pescado de más de 8 años de edad si la tasa se asume como la mitad de la de Japón, considerando la baja temperatura del agua en Fúquene. En este caso 56,000 alevinos necesitan ser liberados en el 2003 por tarde (inmediatamente después de terminar el estudio experimental actual) para eliminar totalmente la Elodea en el año 2010.

Sin embargo en este Estudio se propone una combinación de recolección mecánica y carpa para controlar la Elodea por las siguientes razones.

- (i) La máquina puede recolectar la Elodea de acuerdo con la secuencia de prioridad del área por recolectar. De otra parte, las carpas consumen la hierba como quieren y no se acercan al área de la Laguna bajo condiciones anaeróbicas.

- (ii) La efectividad del control de plantas acuáticas con carpas en la Laguna de Fúquene todavía esta a prueba. Se necesita más tiempo antes de la confirmación final de fektividad.
- (iii) Colombia no tiene experiencia en control de plantas acuáticas con Carpa herbivora.

En este Estudio, se propone una combinación de recolección mecánica y carpas para controlar la Elodea. Aproximadamente 20% del área de Elodea existente (240 ha) se recolecta mecánicamente y las áreas restantes se controlan con carpa en el año objetivo 2010 bajo las condiciones siguientes.

- (i) El proyecto piloto de recolección de Elodea se implantará durante tres años 2001-2003. La cantidad recolectada de Elodea durante este período es 30 ha/año (aprox. 5,000 ton/año en peso húmedo, densidad de Elodea: 16 kg/m²).
- (ii) La operación del proyecto a escala total comienza en el 2005.

Con esta intención, se necesita recolectar la Elodea en 240 ha/año (equivalente a unos 38,000 ton/año en peso húmedo) anualmente. En este caso, el área de Elodea o biomasa (peso húmedo) en el futuro se proyecta como sigue.

| Elodea | Proyecto | 1999 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|-------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Area (ha) | Drgado + Remoción* + Recolección** | 1,204 | 753 | 900 | 1,218 | 1,276 |
| Peso (ton húmeda) | Drgado + Remoción* + Recolección** | 193,000 | 120,000 | 144,000 | 195,000 | 204,000 |

*: Remoción de Buchón, **: recolección de Elodea, densidad de Elodea 16 kg/m²

Sobre detalles vea la Tabla G 4.1.

Los trabajos de recolección se componen de recolección mecánica, transporte en bote y descargue en puerto.

(3) Abono de Plantas Acuáticas

(a) Propiedades Físicas y Químicas del Abono

La Elodea y el Buchón no descargado se guardan en un corral de abono para producción de abono. Basándose en los experimentos de campo y los informes anteriores, la prpiedad física, calidad química y tiempo necesario de producción de los abonos se asumen como se muestra abajo, junto con los de las plantas acuáticas básicas.

| Item | Elodea | Buchón |
|---|-------------|-------------|
| Plantas Acuáticas Básicas | | |
| Contenido de Agua (%) | 90 | 90 |
| Volumen Específico Aparente después de Recolección (m ³ /ton) | 7.0 | 7.0 |
| Volumen Específico Aparente después de Corte/ Exprimido (m ³ /ton) | 2.33 (=7/3) | 2.33 (=7/3) |
| Contenido T-N (%) en Peso Húmedo | 2.85 | 1.84 |
| Contenido T-P (%) | 0.23 | 0.13 |
| K Contenido (%) en Peso Húmedo | 3.39 | 2.30 |
| Abono | | |
| Contenido de Agua o Humedad (%) | 30 | 30 |
| al Comienzo (m ³ /ton) | 2.33 (=7/3) | 2.33 (=7/3) |
| Aparente volumen Específico al Terminar (m ³ /ton) | | |
| Contenido T-N (%) en Peso Seco y Peso de Abono | 2.85 (2.00) | 1.84 (1.29) |
| Contenido T-P (%) en Peso Seco y Peso de Abono | 0.23 (0.16) | 0.13 (0.09) |
| Contenido K (%) en Peso Seco y Peso de Abono | 3.39 (2.37) | 2.30 (1.61) |
| Período de Producción (mes) | 3 | 5 |

Nota: Las cifras en paréntesis son contenido nutriente en peso de abono que equivalen al de peso seco.

(b) Cantidad de Producción de Abono

Como se ve en la tabla de arriba, La humedad del abono producido se asume en 30%. Luego, una (1) ton de abono se produce de siete (7) tons de plantas acuáticas básicas. Anualmente, 16,100 ton de abono se producirán de la recolección/remoción de Elodea y Buchón de 113,000 ton. (peso húmedo) con el siguiente desglose.

| Item | Recolectadas/ Plantas Removidas (ton/año en peso húmedo) | Abono Producido (ton/año en peso de abono) |
|--------------|--|--|
| Elodea | 38,000 | 5,400 |
| Buchón | 75,000 | 10,700 |
| Total | 113,000 | 16,100 |

(c) Depósito de Abono Requerido

El área neta de depósito de abono requerida para la Elodea y el Buchón se calcula como sigue asumiendo la profundidad de apilamiento de la Elodea y el Buchón en depósito es de envases de 3.0 m.

$$\text{Elodea: } 38,000 \text{ ton/año.} \times 2.33 \text{ m}^3/\text{ton} / 3 \text{ m} / 4 \text{ veces/año.} = 7,400 \text{ m}^2$$

$$\text{Buchón: } 75,000 \text{ ton/año.} \times 2.33 \text{ m}^3/\text{ton} / 3 \text{ m} / 2.4 \text{ veces/año.} = 24,300 \text{ m}^2$$

Luego, se proponen 16 envases depósito de abono de tamaño, ancho (50 m) x longitud (40 m) x profundidad (3 m). Se propone el depósito de abono de 45,000 m². Sobre la planta de distribución del depósito vea la Fig. G.4.2.

4.1.3 Control por Carpa Herbivora

(1) Consumo de Elodea por la Carpa Herbivora

Ase dice en general que la Carpa herbivora consume en hierba su propio peso diariamente. De otra parte, la tasa de crecimiento de la carpa varía dependiendo de

la temperatura del agua. El Dr. Yoshio Sakurai asumió el crecimiento promedio de la carpa de agua en Japón ⁶⁾ como se describe en el Capítulo III Sub-sección 3.2.5. En este Estudio, la tasa de crecimiento de la carpa en la Laguna de Fúquene se asume en la mitad de la de Japón, considerando la relativamente baja temperatura del agua en la Laguna de Fúquene. La tasa de crecimiento asumida se muestra abajo.

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|
| Edad (año) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 20 |
| Peso del Cuerpo (kg) | 0.3 | 1.5 | 3.0 | 4.5 | 6.0 | 7.5 | 9.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |

Como se mencionó antes, toda el área de Elodea estará limpia con recolección mecánica en el año objetivo 2010 bajo las siguientes condiciones.

- (a) La recolección mecánica controla la Elodea en 30/ha año (5,000 ton/año en peso húmedo) durante la etapa del proyecto piloto (2001-2003) y 240 ha/año (38,000 ton/año en peso húmedo) durante las etapa de escala total del proyecto (después del 2005).
- (b) La carpa consumirá tanta Elodea como el peso de su propio peso, diariamente.
- (c) El control con la carpa comenzará en el 2003 inmediatamente después de terminar el estudio experimental actualmente en proceso.

Para lograr el anterior objetivo, se necesita liberar 44,000 alevinos de Carpa herbívora en la Laguna. El consumo anual de Elodea por las carpas en el futuro se calcula abajo.

| Consumo Anual | 1999 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|--------------------------|------|--------|---------|---------|---------|
| Peso(ton/año) | 0 | 24,100 | 144,500 | 160,600 | 160,600 |
| Area Equivalente(ha/año) | 0 | 151 | 903 | 1,004 | 1,004 |

En la tabla anterior el área consumida equivalente se calcula asumiendo la densidad de Edolea en 16 kg/m². Sobre detalles vea la Tabla G.4.2.

El área de Elodea o biomasa (peso húmedo) en el futuro se proyecta como sigue.

| Elodea | Proyecto | 1999 | 2005 | 2010 | 2015 | 2020 |
|-------------------|--|---------|--------|------|--------|--------|
| Area (ha) | Dragado + Remoción* + Recolección** + Carpa Herbívora | 1,204 | 602 | 0 | 247 | 272 |
| Peso (ton húmeda) | Dragado + Remoción* + Recolección** + Carpa Herbívora | 193,000 | 96,300 | 0 | 39,500 | 43,500 |

*: Remoción de Buchón, **: Recolección de Elodea, densidad de Elodea 16kg/m².

Sobre detalles vea la Tabla G.4.1.

(2) Construcción de Barrera para el Pescado

Una barrera de pescado se construye en la zona superior del Río Suárez para evitar que las carpas nadan hacia abajo desde la Laguna. Usualmente se emplean las siguientes dos clases de barreras para el pescado: (i) Red con pantalla de limpieza y

(ii) barrera eléctrica de peces.

La red con oantalla de limpieza no se considera práctica, considerando que existe una gran cantidad de plantas acuáticas flotando el el río. Es necesario instalar un equipo automático de remoción de polvo, lo que constituye un requisito de alto costo. Además debe retener el agua del rio cuando no se realiza el mantenimiento adecuado.

Por lo tanto, se propone la barrera eléctrica de pescado en este Estudio. Este sistema se compone de dos o más electrodos metálicos (más y menos) instalados en el agua con un voltaje aplicado entre ellos. La corriente eléctrica pasa entre los electrodos utilizando el agua como medio produce un campo eléctrico en la sección del río. Este campo eléctrico le da un choque a los peces cuando tratan de pasar el campo eléctrico. Luego, los peces no tratan de aproximarse o pasar el campo eléctrico.

Esta barrera de peces eléctrica se ha desarrollado y aplicado en muchos países: Japón, USA, Francia y otros bloquear a los peces o guiarlos en una dirección.

Sobre la distribución de planta dela barrera de peces propuesta vea la Fig.G.4.2.

4.2 Costo Calculado

4.2.1 General

El costo de inversión y costo de O&M de la planta acuática del control propuesto se calcula sobre los siguientes supuestos.

- (1) Los costos se calculan basándose en los costos unitarios prevalecientes de materiales, equio y trabajo en octubre, 1999.
- (2) La tasa de cambio se asume en $1 \text{ US\$} = 106 \text{ ¥} = 1,920 \text{ Col\$}$ (peso Colombiano) prevaleciente en octubre, 1999.
- (3) Los trabajos civiles como drenaje, construcción de depósito de abono e instalación de barrera eléctrica de pescados se ejecutan por contrato.
- (4) El equipo necesario para la recolección y remoción de plantas acuáticas y la producción de abono la proporciona directamente la CAR.
- (5) La operación y mantenimiento la realiza directamente la CAR.
- (6) Los proyectos piloto se realizan para el dragado del fondo de la Laguna y la recolección/remoción y preparación de abono de plantas acuáticas, prioritariamente a su implantación a escala total.
- (7) El equipo proporcionado y las instalkaciones construídas para el proyecto piloto de recolección/remoción y preparación de abono de plantas acuáticas se utiliza para el montaje a escala total en su máxima extensión.
- (8) Los trabajos derecolección/remoción inmcluyen la recolección, transporte en bote al puerto y descargue. Los trabajos de preparación de abono incluyen machacado y escurrimiento, transporte al depósito de abono y apilamiento en envases de depósito. El transporte del abono completo a los cultivos no se incluye en el proyecto.

- (9) El impuesto de valor agregado (IVA) no se incluye en este cálculo de costos.

4.2.2 Costo de Dragado en la Laguna

(1) General

El costo de dragado se calcula basándose en los siguientes supuestos.

- (a) Los volúmenes totales de dragado del proyecto piloto y el proyecto a escala total son 12,000 m³ y 480,000 m³ respectivamente.
- (b) El suelo dragado se deposita en los terrenos bajos aledaños a las tierras de pastura de la Laguna propensas a las inundaciones habituales. El área requerida para depositar para el proyecto a escala total se calcula en aproximadamente 50 ha, asumiendo que la recuperación de tierras es de 0.3-0.5 m de espesor.
- (c) El costo de la recuperación de tierra se considera que en el área de botadura compensa la pérdida de producción de leche de la tierra de pastura por un año.
- (d) No se consideran necesarios trabajos de operación y mantenimiento.

(2) Proyecto Piloto

Los costosa de dragado de 12,000 m³ se calculan como sigue.

| Item de Trabajo | Costo Unitario | Cantidad (millones de Col\$) | Observaciones |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 1. Costo Construcción | 26,700 (Col\$/m ³) | 320.4 | |
| Trabajos Preparatorios | 1,500 (Col\$/m ³) | 18.0 | |
| Operación del Bote de Dragado | 13,200 (Col\$/m ³) | 158.4 | |
| Apoyo de la Operación del Bote | 2,000 (Col\$/m ³) | 24.0 | |
| Tubo de Transporte de Suelo O&M | 3,600 (Col\$/m ³) | 43.2 | |
| Control de Contaminación de Agua | 1,500 (Col\$/m ³) | 18.0 | |
| Construcción de Tubo de Transporte de Suelo | 1,900 (Col\$/m ³) | 22.8 | |
| Recuperación de Tierra | 3,000 (Col\$/m ³) | 36.0 | |
| 2. Compensación de Tierra | 175 (Col\$/m ²) | 2.0 | |
| 3. Ingeniería/Costo de Administración | | 64.5 | (1.+2.) x 20% |
| 4. Contingencia Física | | 32.2 | (1.+2.) x 10% |
| 5. Total | | 419.1 | |
| Total (millones de US\$) | | (0.22) | |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ¥ = 1,920 Col\$

(3) Proyecto a Escala Total

El costo de dragado de 480,000 m³ se calcula abajo.

| Item de Trabajo | Costo Unitario | Cantidad (millones de Col\$) | Observaciones |
|---|------------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 1. Costo Construcción | 26,700 (Col\$/m ³) | 12,816.0 | |
| Trabajos Preparatorios | 1,500 (Col\$/m ³) | 720.0 | |
| Operación del Bote de Dragado | 13,200 (Col\$/m ³) | 6,336.0 | |
| Apoyo de la Operación del Bote de Dragadon | 2,000 (Col\$/m ³) | 960.0 | |
| Tubo de Transporte de Suelo O&M | 3,600 (Col\$/m ³) | 1,728.0 | |
| Control de Contaminación de Agua | 1,500 (Col\$/m ³) | 720.0 | |
| Construcción del Tubo de Transporte de Suelo. | 1,900 (Col\$/m ³) | 912.0 | |
| Recuperación de Tierra | 3,000 (Col\$/m ³) | 1,440.0 | |
| 2. Compensación de Tierra | 175 (Col\$/m ²) | 89.0 | |
| 3. Ingeniería/Costo de Administración | | 2,581.0 | (1.+2.) x 20% |
| 4. Contingencia Física | | 1,291.0 | (1.+2.) x 10% |
| 5. Total | | 16,777.0 | |
| Total (millones de US\$) | | (8.74) | |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ¥ = 1,920 Col\$

4.2.3 Costo de Recolección/Remoción y Procesamiento de Abono de Plantas Acuáticas

(1) Proyecto Piloto

La cantidad de recolección o remoción de plantas acuáticas y el abono producido del proyecto piloto se calcula como sigue.

| Item | Plantas Recolectadas (ton/año en peso húmedo) | Abono Producido (ton/año en peso de abono) |
|--------|--|---|
| Elodea | 5,000 | 700 |
| Buchón | 5,000 | 700 |
| Total | 10,000 | 1,400 |

(a) Costo de Inversión

Tanto la Elodea como el Buchón se recolectan con la máquina de recolección existente (bote) de la CAR, transportada por barcaza con remolque hacia el puerto existente y descargada por medio de correa mecánica. La Elodea y Buchón no cargados se cortan y escurren por tragante, se transportan en bolqueta hacia el depósito de abono y se apilan con una pala mecánica en los envases de abono. Además, se compran algunos aditivos para facilitar la fermentación del abono y se mezclan con las plantas acuáticas.

Se asume que el depósito de abono esté localizado dentro de una distancia de 2-3km del puerto. El depósito de abono tiene (2) depósitos de almacenamiento cada uno con medidas de ancho (50 m) x largo (40 m) x profundidad (3.0 m). Se utilizarán como parte del proyecto a escala total. Aproximadamente se necesita adquirir 0.8 ha de tierra para la construcción del depósito de abono de proyecto piloto.

Sobre el plano de disposición de planta del depósito vea la Fig. G.4.2.

El costo de adquisición del equipo y la construcción del depósito de abono se

calculan como sigue.

| Item | Costo (millones de Col\$) | Observaciones |
|---|---------------------------------|---|
| 1. Adquisición de Equipo | 603.0 | |
| (1) Recolección de Plantas Acuáticas | 313.6 | Barcaza (2), remolque (1), cinta transportadora (2) |
| (2) Producción de Abono | 289.4 | Tragante (1), bolqueta (1), pala mecánica (1) |
| 2. Construcción del Depósito de Abono | 499.0 | |
| 3. Adquisición de Tierra | 24.0 | 0.8 ha |
| 4. Ingeniería /Cosato de Administrtración | 164.9 | 1. x 10% + (2.+3.) x 20% |
| 5. Contingencia Física | 112.6 | (1+2+3) x 10% |
| 6. Total | 1,403.5 | |
| Total (millones de US\$) | (0.73) | |

Tasda de cambio: 1 US\$ = 106 ₴ = 1,920 Col\$

Sobre detalles vea la Tabla G.4.3.

(b) Costo O&M

El costo de O&M incluye costo de combustible de equipo, gastos de personal, costos de reparación de equipos y costos de administración. Los costos anuales de O&M del proyecto piloto se muestran abajo.

| Item | Costo (1,000 Col\$/año) |
|--------------------------------|-------------------------|
| Recolección de Elodea y Buchón | 110,199 |
| Producción de Abono | 99,803 |
| Total | 210,002 |
| Total (1,000 US\$/año) | (109) |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ₴ = 1,920 Col\$

Sobre detalles vea la Tabla G.4.4.

(2) Proyecto a Escala Total

La cantidad de recolección o remoción de plantas acuáticas y el abono producido por el proyecto en su escala total se asume abajo como sigue.

| Item | Plantas Recolectadas/Removidas (ton/año en peso húmedo) | Abono Producido (ton/año en peso de abono) |
|--------|--|---|
| Elodea | 38,000 | 5,400 |
| Buchón | 75,000 | 10,700 |
| Total | 113,000 | 16,100 |

(a) Costo de Inversión

La Elodea se recolecta con un bote, se transporta por barcaza con remolñque al puerto y se descarga por banda mecánica. Las islas flotantes de Buchón se cortan enpedazos y se transportan al puerto en bote de remolque y se descargan con grúa mecánica.

La Elodea y Buchón no cargados se cortan y escurren por tragante, se transportan en bolqueta hacia el depósito de abono y se apilan con una pala mecánica en los envases de abono. Además, se compran algunos aditivos para facilitar la fermentación del abono y se mezclan con las plantas acuáticas.

Para los trabajos anteriores el bote existente de recolección y equipo proporcionado por el proyecto piloto están totalmente ocupados y se provee el equipo adicional necesario.

El depósito del proyecto piloto es extendido. Consta de 14 secciones de almacenamiento cada una con un tamaño de ancho (50 m) x largo (40 m) x profundidad (3.0 m) que será construido adicionalmente. Además 3.7 ha de terreno se adquiere para la construcción del depósito de abono del proyecto de escala total.

Sobre la distribución de planta del depósito vea la Fig. G.4.2.

Los costos de adquisición del equipo adicional y la extensión de la construcción del depósito de abono se calculan así.

| Item | Costo (millones de Col\$) | Observaciones |
|--------------------------------------|------------------------------|--|
| 1. Adquisición de Equipo | 5,472.3 | |
| (1) Recolección de Elodea | 2,147.4 | Bote de recolección (2), barcaza (6), remolque (1), correa transportadora (2) |
| (2) Remoción de Buchón | 1,014.6 | Bote de recolección (2), pala remolque (1) |
| (3) Producción de Abono | 2,310.3 | Tragante (3), bolqueta (7), pala tractor (3) |
| 2. Construcción de Depósito de Abono | 2,749.0 | |
| 3. Adquisición de Tierra | 111.0 | 3.7 ha |
| 4. Ingeniería/Costos Administración | 1,119.2 | 1. x 10% + (2.+3.) x 20% |
| 5. Contingencia Física | 833.2 | (1+2+3) x 10% |
| 6. Total | 10,284.7 | |
| Total (millones de US\$) | (5.36) | |

Tasa de cambio 1 US\$ = 106 ₴ = 1,920 Col\$

Sobre detalles vea la Tabla G.4.5.

(b) Costo O&M

Los costos O&M incluyen costo de combustible del equipo, gastos de personal, costos de reparación de equipo y costos de administración. Los costos anuales O&M del proyecto de escala total se muestran abajo.

| Item | Costo (1,000 Col\$/año) |
|------------------------|-------------------------|
| Recolección de Elodea | 338,242 |
| Remoción de Buchón | 188,322 |
| Producción de Abono | 483,055 |
| Total | 1,009,619 |
| Total (1,000 US\$/año) | (526) |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ₴ = 1,920 Col\$

Sobre detalles vea la Tabla G.4.6.

La producción anual de abono de Elodea y Buchón es 5,400 ton/año y 10,700 ton/año como se asume arriba. Luego, el costo de unidad O&M de recolección (o remoción) y producción de abono de plantas acuáticas se calcula así.

| Item | (Col\$/ton en peso de abono) | | |
|--------------------------|------------------------------|--------|----------|
| | Elodea | Buchón | Promedio |
| Recolección (o Remoción) | 62,637 | 17,600 | 32,706 |
| Producción de Abono | 30,003 | 30,003 | 30,003 |
| Total | 92,640 | 47,603 | 62,709 |
| Total (US\$/ton) | (48.3) | (24.8) | (32.7) |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ¥ = 1,920 Col\$

4.2.4 Costo de Control de Plantas Acuáticas por Carpa Herbívora

(1) Costo de Inversión

Aproximadamente 44,000 peces triploides estériles de carpas herbívoras se liberan en la Laguna. Se construye una barrera eléctrica de peces en la sección superior del Río Suárez para bloquear a las carpas y que no naden río abajo desde la Laguna.

El costo de la inversión incluye la instalación de la barrera eléctrica de peces y la adquisición de las carpas. La instalación de la barrera eléctrica de peces incluye trabajos civiles (estructuras de apoyo de electrodos, cecas de guarda, etc.) e instalación de equipo eléctrico (electrodos, alambre eléctrico, transformador, panel de control, etc.).

Sobre la planta de distribución vea la Fig.G.4.2.

El costo de inversión se calcula así.

| Item | Costo (millones de \$ Col\$) | Observacioness |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------|
| 1. Instalación de Barrera de Peces | 730.0 | Una sección del río |
| Obra Civil | 20.0 | |
| Equipo Eléctrico | 710.0 | |
| 2. Adquisición de Carpas Acuáticas | 850.0 | 44,000 pescados |
| 3. Adquisición de Tierras | - | |
| 4. Ingeniería y Administración | 316.0 | (1.+2.+3.) x 20% |
| 5. Contingencia Física | 158.0 | (1.+2.+3.) x 10% |
| 6. Total | 2,054.0 | |
| Total (1,000 US\$) | (1.07) | |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ¥ = 1,920 Col\$

(2) Costo O&M

El costo O&M se requiere solo para la barrera eléctrica de peces e incluye cargo eléctrico y otros. El costo O&M necesario se calcula como sigue.

| Item | Costo (\$1,000 Col\$/año) | Observaciones |
|------------------------|---------------------------|------------------|
| Cargo Eléctrico | 46,297 | 35 kw |
| Otros Gastos | 3,703 | Inspección, etc. |
| Total | 50,000 | |
| Total (1,000 US\$/año) | (26) | |

Tasa de cambio: 1 US\$ = 106 ¥ = 1,920 Col\$

4.3 Programa de Implementación

El proyecto de control de plantas acuáticas se montará basándose en el siguiente programa.

(1) Dragado de la Laguna

El proyecto piloto se implantará en el 2002. El diseño detallado del proyecto a escala total se completará en el 2006. Los trabajos de dragado del proyecto de escala total se ejecutarán durante cuatro años (4), 2007-2010.

(2) Recolección/Remoción y Preparación de Abono de Plantas Acuáticas

El proyecto pilotose realizará durante tres años (3) years, 2001 – 2003. La adquisición del equipo y construcción del depósito de abono del proyecto piloto se implementará a comienzos del 2001. La operación del proyecto pioto comenzará inmediatamente despues de terminar la adquisición y construcción.

El proyecto de escala total comenzará en 1994. La adquisición de equipo y construcción del depósito de abono para el proyecto de escala total se completará ene el 2004. La operación del proyecto de escala total comenzará en el 2005.

(3) Control de Plantas Acuáticas por Carpa Herbivora

El proyecto comenzará en el 2003 inmediatamente después de la tereminación de del estudio experimental actualmente en curso. La adquisición de las carpas y la instalación de la barrera eléctrica de pescado se completará en el 2003. Los alevinos de Carpa herbivora serán liberados inmediatammente después de la terminación de la berrera de pescados.

El programa de costo de la implantación y desembolso del proyecto de control de plantas acuáticas de arriba se muestra en la Tabla G.4.7.

Referencias:

- 1): “ Organic Waste Recycling (second edition)” by Chongrak Polprasert, Environmental Engineering Program, Asian Institute of Technology, Bangkok.
- 2): “Grass Carp, A Fish for Biological Management of Hydrilla and Other Aquatic Weeds in Florida” by David L. Sutton and Vernon V. Vandiver, Jr., 1986
- 3): “The Possible Use of Chinese Grass Carp for Aquatic Weeds Control” by Chang Theung Pheang, Tropical Post Biology Program, BIOTROP, Bogor, Indonesia
- 4): “Effects of Temperature and Stocking Density on Food Consumption and Growth of Grass Carp” by R. V. Khambi and W. R. Robinson, 1979
- 5): “Cultivation Technology of Fresh Water Fish” edited by Minoru Nomura, 1993
- 6): “Density Management in Application of Grass Carps, *Ctenopharyngodon idella*, for Biological Control of Aquatic Weeds in Natural Lakes” by Yoshio Sakurai , Bulletin of Water Plant Society, Japan, No. 20, June 1985
- 7): “Problems of the Fisheries Exploitation of Plant-Eating Fishes in the Water Bodies of the USSR, 1963” by Vergin B. V., V. Nguen and D. Nguen
- 8): Bulletin of the Fresh Water Fish Research Institute, Japan, No.16, 1957
- 9): “Composting of Water Hyacinth which is harvested after water purification of the Lake Teganuma, June 15 1983” by Japan Economic Newspaper.
- 10): “Effective reuse of removed aquatic plants in the Lake Abashiri, 1995 ” by T. Watanabe, K Harada, H Watanabe, 39st Annual Conference of the Hokkaido Development Department in Japan, 145-148
- 11): “Study on Water Purification by Aquatic Plants (3) -Composting, 1997 by K. Nishihara., H.Chino and Y. Nakakuki, Proceeding of the 42st Annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers
- 12): “Water purification system by aquatic plants ” by the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries web site
- 13): “Study on efficient removal method of water hyacinth , by Agricultural Synthetic Center of Okayama Prefecture in Japan.
- 14): “Production of feed and Fertilizer from Water Hyacinth Plants in the Tropics, 1994” by C. Polprasert., N. Kongsricharoern and W. Kanjanaprapin, Waste Management & Reserch No.12 3-11
- 15): “Agriculture work in a monsoon, Myanmar ” by the Japanese Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries web site
- 16): “CIDA and aquasphere technology Inc, to revitalize agriculture in Egypt by harvesting and recycling aquatic weeds” by CIDA web site
- 17): “Response of rice to rate and time of application of organic materials, 1990” by A. R. Sharma and B.N. Mitra, Journal of Agricultural Science Cambridge, No.114, 249-252
- 18): “Manual Tecnico -Para el registro de Abonos o Fertilizantes, Enmiendas, Acondicionadores del Suelo, Inoculantes Biológicos de Suelos y Bioestimulantes., 1999 ”, ICA

Tabla G.1.1 Resultados Anteriores sobre el Estudio de la Fauna

| Estudio en 1979 | | | Estudio en 1979 | | |
|-----------------|------------------------------------|-----------|---|--|-----------|
| Aves | Nombre Científico | Condición | Aves | Nombre Científico | Condición |
| | <i>Ixabrychax exilis</i> | C | | <i>Zonotrichia capensis</i> | A |
| | <i>Pandion hallaecus</i> | M | | <i>Spinus spinescens</i> | A |
| | <i>Porphyriops melanops</i> | QC | | <i>Spinus psaltria</i> | C |
| | <i>Actitis macularia</i> | QC | Las aves a continuación se estaban presentes, pero no confirmadas durante Abril 19 y 26 | | |
| | <i>Gallinago (nobilis ?)</i> | QC | | <i>Colinus cristatus</i> | |
| | <i>Phaetusa simplex</i> | R | | <i>Botaurus pinnatus</i> | |
| | <i>Columbina</i> | M | | <i>Nycticorax nycticorax</i> | |
| | <i>Cyspeloides rutilus</i> | R | | <i>Hydranassa tricoior</i> | |
| | <i>Coccyzus emericanus</i> | C | | <i>Dendrocygna bicolor</i> | |
| | <i>Coccyzus melacoryphus</i> | M | | <i>Anas georica</i> | |
| | <i>Tyto alba</i> | R | | <i>Anas discors-Pato (Chisgo o Careto)</i> | |
| | <i>Onus choliba</i> | C | | <i>Anas cyanoptera</i> | |
| | <i>Colibri coruscans</i> | C | | <i>Oxyura jamaicensis</i> | |
| | <i>Metallua tyrianthina</i> | QC | | <i>Oxyura dominica</i> | |
| | <i>Lesbia victoriae</i> | QC | | <i>Athyaafinis</i> | |
| | <i>Eriocnemis vestitus</i> | QC | | <i>Cairina moschsta</i> | |
| | <i>Synallaxis subpudica</i> | C | <hr/> | | |
| | <i>Veniliiovnis fumigatus</i> | QC | | A = Abundante | |
| | <i>Tyrannus tyrannus</i> | C | | C = Común | |
| | <i>Tyrannus melancholicus</i> | A | | QC = Bastante Común | |
| | <i>Contopus cinereus</i> | QC | | R = Raro | |
| | <i>Myiodynastes maculatus</i> | M | | M = Vagabundo | |
| | <i>Serpophaga cinerca</i> | C | <hr/> | | |
| | <i>Elaenia pallatangae</i> | R | | 1979 Survey | |
| | <i>Necocerculus leucophrys</i> | C | | Scientific Name | |
| | <i>Notiochelidon murina</i> | A | | <i>Didelphis albiventris</i> | |
| | <i>Riparia riparia</i> | QC | | <i>Anoura geoffroyi</i> | |
| | <i>Hirundo rustica</i> | C | | <i>Phyllostomidae</i> | |
| | <i>Chistethorus platensis</i> | C | | <i>Nasua nasua</i> | |
| | <i>Troglodytes aedon</i> | A | | <i>Mustels frenata</i> | |
| | <i>Troglodytes solstitialis</i> | C | | <i>Conepatus semistriatus</i> | |
| | <i>Mimus gilvus</i> | C | | <i>Dusicyon culparus</i> | |
| | <i>Catharus ustulatus</i> | R | | <i>Sylvilagus brasiliensis</i> | |
| | <i>Turdus fuscater</i> | QC | | <i>Mus musculus</i> | |
| | <i>Molothrus bonariensis</i> | C | | <i>Cricetidae</i> | |
| | <i>Agelaius icterocephalus</i> | A | | <i>Cavia procellus</i> | |
| | <i>Seiurus nove oracensis</i> | R | | <i>Mazama sp.</i> | |
| | <i>Setruhara Ruticilla</i> | M | <hr/> | | |
| | <i>Dendroica fusca</i> | C | | | |
| | <i>Vermivora peregrina</i> | C | | | |
| | <i>Parula pitayumi</i> | QC | | | |
| | <i>Basileuterus hicrocristatus</i> | C | | | |
| | <i>Basileuterus leuteoviridis</i> | QC | | | |
| | <i>Confirustrum rufim</i> | QC | | | |
| | <i>Diglossa lafresmayii</i> | C | | | |
| | <i>Pipraeidea melanonota</i> | C | | | |
| | <i>Thraupis cyanocephala</i> | QC | | | |
| | <i>Pheucticus aureoventris</i> | A | | | |
| | <i>Catamenia malis</i> | A | | | |
| | <i>Sicalis luteola</i> | A | | | |

Source : ESTUDIO DE LAGUNA DE FUQUENE, 1979

Tabla G.1.2 Resultado del Estudio sobre Fauna

| | Familia | Nombre Científico | | Familia | Nombre Científico | | |
|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| Birds | Rallidae | <i>Porphirio martinica</i> | Insect | Odonata | Libellulidae | <i>Erythemis sp.</i> | |
| | | <i>Fulica americana</i> | | | Coenagrionidae | <i>Acanthagrion sp.</i> | |
| | | <i>Oxyura jamaicensis</i> | | | Aeschnidae | <i>Anax amazili</i> | |
| | | <i>Tringa solitaria</i> | | Emberizidae | Zonotrichia capensis | Coleoptera | Chrysomelidae |
| | <i>Falco sparverius</i> | Scarabaeidae | | | <i>Golofa eacus</i> | | |
| | <i>Tyto alba</i> | Falconidae | | <i>Nycticora nycticorax</i> | Ephemeroptera | Tricorythidae | <i>Tricorythodes sp.</i> |
| | <i>Zenaida auriculata</i> | Tytonidae | | <i>Casmerodius alba</i> | | Hemiptera | Hydrometridae |
| | <i>Turdidae fuscater</i> | Columbidae | | <i>Angelaius icterocephalus</i> | Mesoveliidae | | <i>Mesovelia mulsanti</i> |
| | <i>Icterus crysater</i> | Icteridae | | <i>Butorides striatus</i> | Veliidae | <i>Microvelia sp.</i> | |
| | <i>Carduelis spinescens</i> | | | <i>Colibri coruscans</i> | <i>Microvelia sp2.</i> | | |
| | <i>Nycticora nycticorax</i> | | | Arcticora | <i>Colibri coruscans</i> | Corixidae | Centrocoisa koillasi |
| | <i>Casmerodius alba</i> | | | | <i>Angelaius icterocephalus</i> | Diptera | Chironomidae |
| | <i>Nycticora nycticorax</i> | <i>Butorides striatus</i> | | | Tipulidae | | (Crane fly) |
| | <i>Casmerodius alba</i> | <i>Butorides striatus</i> | | | Gryllidae | <i>Loxablemmus sp.</i> | |
| | <i>Angelaius icterocephalus</i> | <i>Butorides striatus</i> | | | | | |
| | <i>Butorides striatus</i> | <i>Colibri coruscans</i> | | | | | |
| | <i>Colibri coruscans</i> | <i>Colibri coruscans</i> | | | | | |
| | <i>Crotophanga major</i> | <i>Crotophanga major</i> | | | | | |
| | <i>Melanerpes rubricapilius</i> | <i>Melanerpes rubricapilius</i> | | | | | |
| | <i>Thraupis episcopus</i> | <i>Thraupis episcopus</i> | | | | | |
| <i>Bubulcus ibis</i> | <i>Bubulcus ibis</i> | | | | | | |
| <i>Buteo magnirostris</i> | <i>Buteo magnirostris</i> | | | | | | |
| <i>Alauda arvensis</i> | <i>Alauda arvensis</i> | | | | | | |
| <i>Tachycineta sp.</i> | <i>Tachycineta sp.</i> | | | | | | |
| <i>Trochilidae</i> | <i>Trochilidae</i> | | | | | | |
| Mammals | | <i>Sciurus aestuans</i> | | | | | |
| | | <i>Dasyopus novemcinctus</i> | | | | | |
| | | <i>Mustela frenata</i> | | | | | |
| | | <i>Sylvilagus brasiliensis</i> | | | | | |
| | | <i>Cavia porcellus</i> | | | | | |
| | | <i>Caenolestes fuliginosus</i> | | | | | |
| | | <i>Dusicyon culparus</i> | | | | | |
| | | <i>Didelphis albiventris</i> | | | | | |
| Reptiles and Amphibians | | <i>Didelphis sp.</i> | | | | | |
| | | <i>Buffo sp.</i> | | | | | |
| | | <i>Hyla labialis</i> | | | | | |
| | | <i>Phenacosaurus heterodermus</i> | | | | | |
| Fish | | <i>Atractus crassicaudatus</i> | | | | | |
| | | <i>Eremphylus mutisii</i> | | | | | |
| | | <i>Grundulus bogotensis</i> | | | | | |
| | | <i>Cyprinus carpio</i> | | | | | |
| Crustacea | Decapoda | <i>Carassius auratus</i> | | | | | |
| | | <i>Hipolo bocera macropa</i> | | | | | |
| Arachnid | | <i>Chactas Keyserlingi</i> | | | | | |

Tabla G.1.3 Resultado del Estudio sobre Flora

| No. | Familia | Nombre Científico | No. | Familia | Nombre Científico |
|-----|------------------|---------------------------------------|-----|------------------|----------------------------------|
| 1 | Pteridofito | <i>Pteridium aquilinum</i> | 60 | Melastomataceae | <i>Miconia sp.</i> |
| 2 | Gleicheniaceae | <i>Cherlanthes sp.</i> | 61 | Melastomataceae | <i>Tibouchina lepidota</i> |
| 3 | Azollaceae | <i>Azolla filiculoides</i> | 62 | Melastomataceae | <i>Tibouchina urvilleana</i> |
| 4 | Podocarpaceae | <i>Decussocarpus rospigliosii</i> | 63 | Melastomataceae | <i>Miconia squamulosa</i> |
| 5 | Pinaceae | <i>Pinus patula</i> | 64 | Umbelliferae | <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> |
| 6 | Cupressaceae | <i>Hipochaeris radiata</i> | 65 | Umbelliferae | <i>Conium maculatum</i> |
| 7 | Loranthaceae | <i>Gaiadendron tagua</i> | 66 | Haloragaccac | <i>Myriophyllum aquaticum</i> |
| 8 | Fagaceae | <i>Quercus humboldtii</i> | 67 | Onagraceae | <i>Fuchsia sp.</i> |
| 9 | Araliacac | <i>Oreopanax floribundum</i> | 68 | Onagraceae | <i>Ludwigia peplides</i> |
| 10 | Elaeocarpaceae | <i>Vallea striplaris</i> | 69 | Oenotheraceae | <i>Fuchsia boliviana</i> |
| 11 | Ochidaceae | <i>Epidendrum elongatum</i> | 70 | Balsaminaceae | <i>Impatiens balsamina</i> |
| 12 | Orchidaceae | <i>Epidendrum sp. 1</i> | 71 | Euphorbiaceae | <i>Ricinus communis</i> |
| 13 | Orchidaceae | <i>Epidendrum sp. 2</i> | 72 | Euphorbiaceae | <i>Croton funcianus</i> |
| 14 | Amaryllidaceae | <i>Fourcaraea macrophylla</i> | 73 | Euphorbiaceae | <i>Ricinus communis</i> |
| 15 | Pontederiaceae | <i>Eichlornia crassipes</i> | 74 | Euphorbiaceae | <i>Croton bogotensis</i> |
| 16 | Lemnaceae | <i>Lemna minor</i> | 75 | Oxalidaceae | <i>Oxalis medicinea</i> |
| 17 | Cyperaceae | <i>Juncus bogotensis</i> | 76 | Fabaceae | <i>Lupinus bogotensis</i> |
| 18 | Cyperaceae | <i>Cyperus rufus</i> | 77 | Fabaceae | <i>Dalea coerulea</i> |
| 19 | Cyperaceae | <i>Scirpus californicus</i> | 78 | Fabaceae | <i>Desmodium sp.</i> |
| 20 | Gramineae | <i>Arundo donax</i> | 79 | Fabaceae | <i>Crotalaria agtiflora</i> |
| 21 | Gramineae | <i>Pseudoraphis sp.</i> | 80 | Fabaceae | <i>Cytisus monspessulanus</i> |
| 22 | Gramineae | <i>Paspalum plicatulum</i> | 81 | Fabaceae | <i>Trifolium repens</i> |
| 23 | Gramineae | <i>Chusquea scandens</i> | 82 | Fabaceae | <i>Trifolium pratense</i> |
| 24 | Hydrocharitaceae | <i>Egeria densa</i> | 83 | Cruciferae | <i>Lunaria annua</i> |
| 25 | Potamogetonaceae | <i>Potamogeton illinoensis</i> | 84 | Rosaceae | <i>Rubus floribundus</i> |
| 26 | Thyphaceae | <i>Typha latifolia</i> | 85 | Rosaceae | <i>Hesperomeles goudotiana</i> |
| 27 | Bromeliaceae | | 86 | Rosaceae | <i>Prunus sp.</i> |
| 28 | Bromeliaceae | <i>Tillandsia usneoides</i> | 87 | Rosaceae | <i>Hesperomeles goudotiana</i> |
| 29 | Compositae | <i>Bidens laevis</i> | 88 | Escallonidae | <i>Escallonia paniculata</i> |
| 30 | Compositae | <i>Anaphalium sp.</i> | 89 | Crasulaccac | <i>Echeveria bicolor</i> |
| 31 | Compositae | <i>Ageratina sp.</i> | 90 | Crasulaccac | <i>Aeorium canariense</i> |
| 32 | Compositae | <i>Lourtergia stoechadifusa</i> | 91 | Mimosaceae | <i>Acacia melanxylon</i> |
| 33 | Compositae | <i>Acmella sp.</i> | 92 | Mimosaceae | <i>Acacia decurrens</i> |
| 34 | Compositae | <i>Hipochaeris radiata</i> | 93 | Pittosporaceae | <i>Pittosporum undulatum</i> |
| 35 | Compositae | | 94 | Polygonaceae | <i>Polygonum hidropyroides</i> |
| 36 | Compositae | <i>Dalhia sp.</i> | 95 | Polygonaceae | <i>Rumex conglomeru</i> |
| 37 | Compositae | <i>Diphlostephium rosmarinifolium</i> | 96 | Caesalpinaccac | <i>Adipera tomentosa</i> |
| 38 | Compositae | <i>Baccharis bogotensis</i> | 97 | Caesalpinaccac | <i>Senna viarum</i> |
| 39 | Compositae | <i>Baccharis latifolia</i> | 98 | Betulaceae | <i>Alnus acuminata</i> |
| 40 | Compositae | <i>Gnaphalium affine</i> | 99 | Magnoliaceae | <i>Magnolia grandiflora</i> |
| 41 | Compositae | <i>Polymnia pyramidalis</i> | 100 | Flacourtaceae | <i>Xylosma spiculiferum</i> |
| 42 | Compositae | <i>Taraxacum officinalis</i> | 101 | Caricaceae | <i>Carica pubescens</i> |
| 43 | Caprifoliaceae | <i>Sambucus peruvianus</i> | 102 | Myrtaceae | <i>Eucalyptus globulus</i> |
| 44 | Rubiaceae | <i>Spermacoce sp.</i> | 103 | Myrsinaceae | <i>Myrsine coriacea</i> |
| 45 | Solanaceae | <i>Streptosolen jamesonii</i> | 104 | Myrsinaceae | <i>Myrsine guianensis</i> |
| 46 | Solanaceae | <i>Solanum marginatum</i> | 105 | Bignoniaceae | <i>Tecoma stans</i> |
| 47 | Solanaceae | <i>Solanum lycioides</i> | 106 | Scrofulariaceae | <i>Digitalis purpurea</i> |
| 48 | Solanaceae | <i>Datura suaveolens</i> | 107 | Sapidaceae | <i>Dodonea viscosa</i> |
| 49 | Solanaceae | <i>Datura rosei</i> | 108 | Nyphaeaceae | <i>Nuphur sp.</i> |
| 50 | Solanaceae | <i>Cyphomendra betacea</i> | 109 | Agavaceae | <i>Fourcaraea macrophylla</i> |
| 51 | Verbenaccac | <i>Lantana camara</i> | 110 | Aizoaceae | <i>Melephora crocea</i> |
| 52 | Verbenaceae | <i>Lantana sp.</i> | 111 | Clusiaceae | <i>Clusia sp.</i> |
| 53 | Verbenaceae | <i>Duranta mutisii</i> | 112 | Escrofulariaceae | <i>Alonsoa meridonalis</i> |
| 54 | Ericaceae | <i>Befaria resinosa</i> | 113 | Sclepidaceae | |
| 55 | Ericaceae | <i>Cavendishia cordifolia</i> | 114 | Portulaceae | <i>Monina sp.</i> |
| 56 | Cactaceae | <i>Opuntia schumanii</i> | 115 | Malvaceae | <i>Abutilon insigne</i> |
| 57 | Salicaceae | <i>Salix humboldtiana</i> | 116 | Begonia | <i>Begonia cucullata</i> |
| 58 | Melastomataceae | <i>Bucquetia sp.</i> | 117 | | <i>Usmea sp.</i> |
| 59 | Melastomataceae | <i>Chaetolepis microhylla</i> | 118 | | <i>Sauralla sp.</i> |

Tabla G.1.4 Estudio Anterior sobre Fitoplancton en la Laguna de Fúquene (1/2)

| Orden | Suborden | Familia | Nombre Científico | |
|--|---|------------------------------|--|----------------------------|
| Alga azul-verde (Cyanobacteria) | Chroococcales | Chroococaceae | <i>Aphanocapsa delicatissima</i> | |
| | | | <i>Chroococcus turgidus</i> | |
| | | | <i>Gloeocapsa sp.</i> | |
| | | | <i>Microcystis aeruginosa</i> | |
| | Nostocales | Oscillatoriaceae | <i>Oscillaatoria sp.</i> | |
| | | | <i>Porphyrosiphon sp.</i> | |
| | | Nostocaceae | <i>Anabania (Anabaeena) cricinalis</i> | |
| | | | <i>Anabania sp.1</i> | |
| | | | <i>Anabania sp.2</i> | |
| | | | | |
| Alga verde (Chlorophyceae) | Volvocales | Volvocaceae | <i>Eudorina elegans</i> | |
| | Tetrasporales | Plamellaceae | <i>Sphaerocystis sp.</i> | |
| | | Chlorococcales | Characiaceae | <i>Characium sp.</i> |
| | Oocystaceae | | <i>Oocystis sp.</i> | |
| | Dictyosphaeriaceae | | <i>Dictyosphaerium pulchellum</i> | |
| | | | | |
| | Hydrodictyceae | | <i>Pediastrum boryanum</i> | |
| | | | <i>Pediastrum duplex</i> | |
| | Scenedesmaceae | | <i>Scenedesmus quadeicauda</i> | |
| | | | <i>Scenedesmus acuminatus</i> | |
| | | | <i>Scenedesmus denticulatus</i> | |
| | | | <i>Scenedesmus arcuatus</i> | |
| | | <i>Scenedesmus ecornis</i> | | |
| | | <i>Scenedesmus abundas</i> | | |
| | | | | |
| | Oedogoniales | Botryococcaceae | <i>Botryococcus braunii</i> | |
| | | Oedogoniaceae | <i>Oedogonium sp.</i> | |
| | | Zygnematales | Zygnemaceae | <i>Zygnema sp.</i> |
| | | | (Zygnemataceae) | <i>Splrogyra sp.</i> |
| Mougeotiaceae | | <i>Mougeotia sp.</i> | | |
| Desmidiaceae | | <i>Closterium limneticum</i> | | |
| | | <i>Closterium acutum</i> | | |
| | <i>Staurodesmus lobatus var. ellipticus</i> | | | |
| | <i>Staurodesmus dejectus</i> | | | |
| | <i>Cosmarium punctulatum</i> | | | |
| Xanthophyceae Diatom (Bacillariophyceae) | Heterochloridales | Heterochlodidaceae | <i>Pleurochloris sp.</i> | |
| | | Centrales | Coscinodiscaceae | <i>Cyclotella badanica</i> |
| | Melosiraceae | | <i>Melosira granulata</i> | |
| | | | <i>Melosira italica</i> | |
| | Pennales | Fragilariaceae | <i>Fragilariaceae construens</i> | |
| | | | <i>Tabellaria flocculosa</i> | |
| | | Naviculaceae | <i>Navicula capitata</i> | |
| | | | <i>Navicula rhynchoncephala</i> | |
| | | | <i>Navicula sp.</i> | |
| | Cybellaceae | <i>Cymbella ventricosa</i> | | |
| Gomphinemaceae | <i>Gomphonema parvulum</i> | | | |
| Epithemiaceae | <i>Epithemia zebra</i> | | | |

Tabla G.1.4 Estudio Anterior sobre Fitoplancton en la Laguna de Fúquene (2/2)

| Orden | Suborden | Familia | Nombre Científico |
|-----------------------------|----------------|-------------|--------------------------------------|
| Euglenods (Euglenophyta) | Euglenophyceae | Euglenaceae | <i>Euglena acus</i> |
| | | | <i>Euglena oxyuris</i> |
| | | | <i>Euglena elastica</i> |
| | | | <i>Euglena gracilistis</i> |
| | | | <i>Euglena sp.</i> |
| | | | <i>Trachelomonas hispida</i> |
| | | | <i>Trachelomonas armata</i> |
| | | | <i>Trachelomonas acanthophophora</i> |
| | | | <i>Leponcinclis sp.</i> |
| | | | <i>Phacus triqueter</i> |
| <i>Phacus longicauda</i> | | | |

Fuente : Fritsch, 1977; Fernandez, 1982; Lewin and Gibbs, 1981

Tabla G.2.1 Areas de Elevación del Lecho en 1984

| Elevación (EL.m) | Area (ha.) | Porcentaje |
|------------------|------------|------------|
| 2532.0 | 0.89 | 0.03 |
| 2532.5 | 1.51 | 0.05 |
| 2533.0 | 2.62 | 0.09 |
| 2533.5 | 43.47 | 1.49 |
| 2534.0 | 11.26 | 0.39 |
| 2534.5 | 61.40 | 2.10 |
| 2535.0 | 37.87 | 1.30 |
| 2535.5 | 36.31 | 1.24 |
| 2536.0 | 51.23 | 1.76 |
| 2536.5 | 135.07 | 4.63 |
| 2537.0 | 536.95 | 18.40 |
| 2537.5 | 927.87 | 31.79 |
| 2538.0 | 441.7 | 15.13 |
| 2538.5 | 262.94 | 9.01 |
| 2539.0 | 367.65 | 12.60 |
| Total | 2918.74 | 100.00 |

Tabla G.2.2 Areas de Elevación del Lecho en 1997

| Elevación (EL.m) | Area (ha.) | Porcentaje |
|------------------|------------|------------|
| 2533.0 | 2.33 | 0.14 |
| 2533.5 | 4.84 | 0.30 |
| 2534.0 | 42.19 | 2.62 |
| 2534.5 | 78.69 | 4.89 |
| 2535.0 | 0.66 | 0.04 |
| 2535.5 | 77.26 | 4.80 |
| 2536.0 | 8.31 | 0.52 |
| 2536.5 | 573.73 | 35.68 |
| 2537.0 | 99.59 | 6.19 |
| 2537.5 | 677.60 | 42.14 |
| 2538.0 | 42.91 | 2.67 |
| Total | 1608.11 | 100.00 |

Tabla G.2.3 Estudio sobre Plantas Acuáticas

| Tipo | Estudio en 1979 | Estudio en 1986 | Estudio en 1997 | Este Estudio | Nombre en Ingles |
|--------------------------------|--|---|---|---|--|
| Plantas Sumergidas | | | | | |
| | | <i>Ranunculus sp.</i> | | | Brazilian elodea |
| Planta de Hoja Flotante | <i>Potamogeton sp.</i> | <i>Potamogeton illinoensis</i> <i>Potamogeton berterocanus</i> | <i>Egeria densa</i> <i>Potamogeton illinoensis</i> | <i>Egeria densa</i> <i>Potamogeton illinoensis</i> | Pondweed Pondweed |
| Plantas Flotantes | <i>Eichhornia crassipes</i> | <i>Eichhornia crassipes</i> <i>Lemna minor</i> <i>Azolla filiculoides</i> <i>Utricularia gibba</i> | <i>Eichhornia crassipes</i> <i>Lemna minor</i> <i>Azolla filiculoides</i> <i>Lemna polyrrhiza</i> | <i>Eichhornia crassipes</i> <i>Lemna minor</i> <i>Azolla filiculoides</i> | Water hyacinth Duckweed Azolla Lemna |
| Plantas Emergentes | <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> <i>Scirpus californicus</i> <i>Typha angustifolia</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Jussiaea repens</i> * <i>Cyperus luzulae</i> | <i>Scirpus californicus</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Coutala coronopifolia</i> <i>Cyperus rufus</i> <i>Ludwigia peploides</i> <i>Ludwigia cf. peruviana</i> <i>Polygonum hydropperoides</i> <i>Polygonum acuminatum</i> <i>Myriophyllum acuaticum</i> <i>Holcus lanatus</i> | <i>Scirpus californicus</i> <i>Typha angustifolia</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Cyperus sp.</i> <i>Ludwigia peploides</i> <i>Polygonum hydropperoides</i> <i>Myriophyllum acuaticum</i> | <i>Scirpus californicus</i> <i>Typha angustifolia</i> <i>Bidens laevis</i> <i>Cyperus rufus</i> <i>Ludwigia peploides</i> <i>Polygonum hydropperoides</i> <i>Myriophyllum acuaticum</i> | Bulrush Cattail Bulrush Bulrush Parrot-feather |
| | | | | <i>Juncus bogotensis</i> <i>Hydrocotyle ranunculoides</i> <i>Pseudoraphis sp.</i> <i>Scirpus sp.</i> <i>Begonia cucullata</i> | Bulrush Bulrush Begonia |

Nota : * Jussiaea es otra clasificación de Ludwigia

Fuente : ESTUDIO DE LAGUNA DE FUQUENE, 1979
ESTRUCTURA Y DINAMICA DEL FITOPLANCTON DE LA LAGUNA DE FUQUENE
CUNDINAMARCA, COLOMBIA, 1986
PLAN DE MANEJO CONTROL Y DISPOSICION DE MALEZAS ACUATICAS EN
LA LAGUNA DE FUQUENE, 1997

Tabla G.2.4 Resultados de la Biomasa Examinada de Buchón

| No. | Densidad de la Biomasa en kg/m.cuad. | | | Profundidad del agua en m |
|--------------------------|--------------------------------------|-------|-----------------------------|------------------------------|
| | Buchón | Otros | Total | |
| 1 | 115.33 | 0.00 | 115.33 | 1.78 |
| 2 | 107.70 | 0.00 | 107.70 | 2.30 |
| 3 | 28.26 | 1.95 | 30.21 | 2.20 |
| 4 | 168.83 | 0.00 | 168.83 | 2.97 |
| 5 | 117.43 | 0.51 | 117.95 | 1.80 |
| 6 | 98.64 | 0.32 | 98.96 | 1.30 |
| 7 | 59.86 | 4.18 | 64.04 | 2.37 |
| 8 | 114.62 | 0.00 | 114.62 | 2.17 |
| 9 | 114.62 | 0.32 | 130.91 | 1.44 |
| 10 | 235.01 | 0.00 | 235.01 | 2.78 |
| 11 | 110.45 | 0.00 | 110.45 | 2.00 |
| 12 | 104.42 | 0.00 | 104.42 | 1.87 |
| 13 | 52.08 | 0.66 | 52.75 | 2.00 |
| 14 | 102.96 | 0.00 | 102.96 | 2.60 |
| 15 | 74.92 | 0.00 | 74.92 | 2.00 |
| 16 | 144.62 | 0.95 | 145.57 | 3.30 |
| 17 | 62.99 | 0.00 | 62.99 | 4.10 |
| 18 | 94.50 | 0.00 | 94.50 | 2.33 |
| 19 | 129.70 | 0.00 | 129.70 | 3.30 |
| 20 | 119.20 | 1.21 | 120.40 | 2.70 |
| Promedio | 107.81 | 0.51 | 109.11 | |
| Biomasa de otras Plantas | | | | |
| | en kg/m.cuad. | | Biomasa Total en kg/m.cuad. | |
| | 0.00 | | 119.09 | |
| | 0.01 - 0.50 | | 114.94 | |
| | 0.51 - 1.50 | | 109.17 | |
| | más de 1.51 | | 47.12 | |

Tabla G.2.5 Resultados de Biomasa Examinada de Plantas Emergentes

Scripus Californicus

| No. | Densidad de la Biomasa en kg/m.cuad | | | Total | Profundidad del agua en m |
|----------|-------------------------------------|----------------|--------|--------|---------------------------|
| | Encima del agua | Bajo el agua | | | |
| | Tallos y hojas | Tallos y hojos | Raíces | | |
| 1 | 26.07 | - | 97.11 | 123.17 | 0.90 |
| 2 | 5.77 | - | 74.50 | 80.27 | 0.71 |
| 3 | 2.47 | 5.60 | 1.31 | 9.38 | 0.80 |
| 4 | 4.81 | 18.40 | 5.55 | 28.76 | 1.10 |
| 5 | 5.15 | 14.71 | 5.52 | 25.38 | 0.91 |
| 6 | 3.44 | 4.41 | 3.34 | 11.19 | 0.75 |
| 7 | 5.03 | 10.76 | 6.73 | 22.53 | 0.68 |
| 8 | 5.26 | 15.85 | 2.21 | 23.31 | 0.71 |
| 9 | 5.23 | 4.51 | 2.67 | 12.40 | 0.53 |
| 10 | 8.36 | 16.13 | 7.50 | 31.99 | 0.56 |
| 11 | 33.18 | 11.03 | 4.95 | 49.16 | 0.68 |
| 12 | 1.61 | 10.12 | 2.36 | 14.09 | 1.00 |
| 13 | 5.77 | 6.60 | 1.73 | 14.10 | 0.82 |
| 14 | 11.27 | 18.98 | 3.27 | 33.53 | 0.90 |
| 15 | 5.56 | 9.63 | 4.07 | 19.26 | 0.60 |
| 16 | 6.05 | 8.01 | 4.15 | 18.21 | 1.00 |
| 17 | 6.02 | 19.36 | 4.43 | 29.81 | 1.18 |
| 18 | 5.44 | 10.99 | 3.49 | 19.92 | 0.68 |
| 19 | 7.30 | 14.55 | 5.91 | 27.76 | 0.85 |
| 20 | 3.25 | 4.88 | 2.03 | 10.16 | 0.65 |
| Promedio | 7.85 | 10.23 | 12.14 | 30.22 | |

Typha angustifolia

| No. | Densidad de la Biomasa en kg/m.cuad | | | Total | Profundidad del agua en m |
|----------|-------------------------------------|----------------|--------|--------|---------------------------|
| | Encima del agua | Bajo el agua | | | |
| | Tallos y hojas | Tallos y hojas | Raíces | | |
| 1 | 9.66 | - | 114.46 | 124.13 | 2.57 |
| 2 | 8.72 | 5.24 | 88.68 | 102.63 | 2.20 |
| 3 | 13.19 | 13.19 | 52.02 | 78.40 | 2.11 |
| 4 | 6.76 | 9.03 | 87.20 | 102.99 | 1.93 |
| 5 | 12.09 | 5.35 | 96.18 | 113.62 | 2.34 |
| 6 | 7.41 | 2.14 | 71.85 | 81.40 | 2.40 |
| 7 | 7.97 | 6.14 | 72.33 | 86.43 | 2.21 |
| 8 | 5.97 | 11.79 | 152.66 | 170.42 | 1.88 |
| 9 | 9.14 | 8.67 | 80.35 | 98.16 | 1.80 |
| 10 | 3.68 | 24.43 | 90.74 | 118.86 | 2.18 |
| Promedio | 8.46 | 8.60 | 90.65 | 107.70 | |

Tabla G.4.1 Proyección del Área de Planta Acuática

(unidad: ha)

| AÑO | SIN PROYECTO | | | CON PROYECTO I | | | CON PROYECTO II | | | CON PROYECTO III | | | CON PROYECTO IV | | |
|------|--------------|--------|--------------|----------------|--------|--------------|-----------------|--------|--------------|------------------|--------|--------------|-----------------|--------|--------------|
| | Junco | Buchón | Elodea Total | Junco | Buchón | Elodea Total | Junco | Buchón | Elodea Total | Junco | Buchón | Elodea Total | Junco | Buchón | Elodea Total |
| 1999 | 899 | 697 | 1,204 | 899 | 697 | 1,204 | 899 | 697 | 1,204 | 899 | 697 | 1,204 | 899 | 697 | 1,204 |
| 2000 | 935 | 711 | 1,154 | 935 | 711 | 1,154 | 935 | 711 | 1,154 | 935 | 711 | 1,154 | 935 | 711 | 1,154 |
| 2001 | 972 | 725 | 1,103 | 972 | 725 | 1,103 | 972 | 720 | 1,108 | 972 | 720 | 1,078 | 972 | 720 | 1,103 |
| 2002 | 1,008 | 740 | 1,053 | 1,008 | 740 | 1,052 | 1,008 | 730 | 1,062 | 1,008 | 730 | 1,032 | 1,008 | 730 | 1,032 |
| 2003 | 1,043 | 754 | 1,002 | 1,043 | 754 | 1,003 | 1,043 | 739 | 1,018 | 1,043 | 739 | 988 | 1,043 | 739 | 988 |
| 2004 | 1,078 | 770 | 952 | 1,078 | 770 | 952 | 1,078 | 754 | 968 | 1,078 | 754 | 968 | 1,078 | 754 | 938 |
| 2005 | 1,113 | 785 | 902 | 1,113 | 785 | 902 | 1,113 | 694 | 993 | 1,113 | 694 | 753 | 1,113 | 694 | 602 |
| 2006 | 1,148 | 801 | 851 | 1,148 | 801 | 851 | 1,148 | 633 | 1,019 | 1,148 | 633 | 779 | 1,148 | 633 | 478 |
| 2007 | 1,183 | 817 | 801 | 1,183 | 817 | 800 | 1,183 | 571 | 1,046 | 1,183 | 571 | 806 | 1,183 | 571 | 354 |
| 2008 | 1,217 | 833 | 750 | 1,217 | 833 | 750 | 1,217 | 507 | 1,076 | 1,217 | 507 | 836 | 1,217 | 507 | 234 |
| 2009 | 1,250 | 850 | 700 | 1,250 | 850 | 700 | 1,250 | 442 | 1,108 | 1,250 | 442 | 868 | 1,250 | 442 | 115 |
| 2010 | 1,284 | 867 | 649 | 1,284 | 867 | 649 | 1,284 | 376 | 1,140 | 1,284 | 376 | 900 | 1,284 | 376 | 0 |
| 2011 | 1,317 | 884 | 599 | 1,284 | 906 | 610 | 1,284 | 318 | 1,198 | 1,284 | 318 | 958 | 1,284 | 318 | 0 |
| 2012 | 1,350 | 902 | 549 | 1,284 | 946 | 570 | 1,284 | 257 | 1,259 | 1,284 | 257 | 1,019 | 1,284 | 257 | 15 |
| 2013 | 1,382 | 920 | 498 | 1,284 | 989 | 527 | 1,284 | 194 | 1,322 | 1,284 | 194 | 1,082 | 1,284 | 194 | 78 |
| 2014 | 1,414 | 938 | 448 | 1,284 | 1,033 | 483 | 1,284 | 127 | 1,389 | 1,284 | 127 | 1,149 | 1,284 | 127 | 145 |
| 2015 | 1,446 | 957 | 398 | 1,284 | 1,080 | 436 | 1,284 | 58 | 1,458 | 1,284 | 58 | 1,218 | 1,284 | 58 | 214 |
| 2016 | 1,477 | 976 | 347 | 1,284 | 1,129 | 387 | 1,284 | 0 | 1,516 | 1,284 | 0 | 1,276 | 1,284 | 0 | 272 |
| 2017 | 1,508 | 995 | 297 | 1,284 | 1,179 | 337 | 1,284 | | 1,516 | 1,284 | | 1,276 | 1,284 | | 272 |
| 2018 | 1,538 | 1,015 | 246 | 1,284 | 1,232 | 284 | 1,284 | | 1,516 | 1,284 | | 1,276 | 1,284 | | 272 |
| 2019 | 1,568 | 1,036 | 196 | 1,284 | 1,288 | 228 | 1,284 | | 1,516 | 1,284 | | 1,276 | 1,284 | | 272 |
| 2020 | 1,596 | 1,058 | 146 | 1,284 | 1,346 | 170 | 1,284 | | 1,516 | 1,284 | | 1,276 | 1,284 | | 272 |

Nota:

1) Proyecto I: Dragado Solamente

2) Proyecto II: Dragado + Remoción de Buchón (Piloto: 5 ha/año, Gran Escala: 75 ha/año)

3) Proyecto III: Dragado + Remoción de Buchón (Piloto: 5 ha/año, Gran Escala: 75 ha/año) + Corte de Elodea (Piloto: 30 ha/año, Gran Escala: 240 ha/año)

4) Proyecto IV: Dragado + Remoción de Buchón (Piloto: 5 ha/año, Gran Escala: 75 ha/año) + Corte de Elodea (Piloto: 30 ha/año, Gran Escala: 240 ha/año) + Capa Hervibora (44,000 pece:

Tabla G.4.2 Consumo Anual de Carpas Hervíboras

| AÑO | Carpas Hervíboras Liberadas (44,000 peces) | | |
|------|--|----------------------------|--------------------------------------|
| | Consumo Unitario (kg/pez/día) | Consumo Anual (ton/año) | Equivalente Area de Consump. (ha) |
| 1999 | | | |
| 2000 | | | |
| 2001 | | | |
| 2002 | | | |
| 2003 | - | 0 | 0 |
| 2004 | 0.3 | 4,818 | 30 |
| 2005 | 1.5 | 24,090 | 151 |
| 2006 | 3.0 | 48,180 | 301 |
| 2007 | 4.5 | 72,270 | 452 |
| 2008 | 6.0 | 96,360 | 602 |
| 2009 | 7.5 | 120,450 | 753 |
| 2010 | 9.0 | 144,540 | 903 |
| 2011 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2012 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2013 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2014 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2015 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2016 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2017 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2018 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2019 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |
| 2020 | 10.0 | 160,600 | 1,004 |

*: Densidad de Elodea: 16 kg/m²

Tabla G.4.3 Costo de Inversión de Cosecha y Compostaje de Plantas Acuáticas (Proyecto Piloto)

1. Adquisición de Equipo

| Item | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (millones Col\$) | Cantidad (millones Col\$) | Observaciones |
|-------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| (1) Cosecha de Elodea/Buchón | | | | | |
| Bote Cosechador | no. | - | - | - | - Se usa un equipo existente |
| Barcaza | no. | 2 | 76.0 | 152.0 | 150 m ³ carga/set |
| Remolcador | no. | 1 | 152.0 | 152.0 | |
| Cinta Transportadora | no. | 2 | 4.8 | 9.6 | |
| Total | | | | 313.6 | |
| (2) Producción de Compostaje | | | | | |
| Tolva | no. | 1 | 95.0 | 95.0 | |
| Volqueta | no. | 1 | 70.1 | 70.1 | |
| Pala Tractor | no. | 1 | 124.3 | 124.3 | |
| Total | | | | 289.4 | |
| (3) Grand Total | | | | 603.0 | |

2. Construcción de Parcelas de Compostaje

| Item | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (Col\$) | Cantidad (millones Col\$) | Observaciones |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------------------------|------------------------------|---|
| (1) Obra Civil | | | | | |
| Terraplén del Campo | m ³ | 4,000 | 10,000 | 40.0 | |
| Bases del Cajón | m ³ | 1,200 | 22,000 | 26.4 | Gravilla |
| Trabajos de Piso de los Cajones | m ³ | 400 | 250,000 | 100.0 | Plano de concreto |
| Pared de Partición de los Cajones | m ³ | 200 | 450,000 | 90.0 | Concreto Reforzado |
| Piso de los Cajones | m ² | 4,000 | 23,000 | 92.0 | Incl. La estructura de soporte del piso |
| Otros | l.s. | 1 | | 150.6 | Camino de acceso, etc. |
| Total | | | | 499.0 | |
| (2) Adquisición de Tierras | m ² | 8,000 | 3,000 | 24.0 | |
| (3) Grand Total | | | | 523.0 | |

Tabla G.4.4 Costo Anual de O&M del Corte y Compostaje de Plantas Acuáticas (Proyecto Piloto)

| Item | Cantidad | Costo O & M Cantidad (1,000 Col\$/año) | Depreciación de Equipos (1,000 Col\$/año) | Observaciones |
|---|------------|--|---|------------------------------|
| 1. Cosecha de Elodea/Buchón | | 110,199 | 64,757 | |
| (1) Cosecha por Bote | 1 bote | | 50,667 | |
| Costo de Combustible | 1 bote | 4,308 | | |
| Gastos de Personal | 24 m/m | 27,600 | | |
| Costo de Reparación | 1 bote | 24,430 | | |
| Costo de Manejo (10%) | | 5,634 | | |
| Total | | 61,972 | | |
| (2) Transporte por Barcaza | 2 botes | | 6,080 | |
| Total | 2 botes | 0 | | |
| (3) Transporte por Remolcador | 1 bote | | 6,080 | |
| Costo de Combustible | 1 bote | 4,023 | | Eficiencia del Trabajo: 50% |
| Gastos de Personal | 12 m/m | 11,040 | | |
| Costo de Reparación | 2 botes | 3,040 | | Necesidad de Reparación: 50% |
| Costo de Administración (10%) | | 1,810 | | |
| Total | | 19,913 | | |
| (4) Descarga por Cinta Transportadora | 2 Equipo | | 1,930 | |
| Costo de Combustible | 2 Equipo | 2,406 | | |
| Gastos de Personal | 48 m/m | 22,080 | | |
| Costo de Reparación | 2 Equipos | 1,254 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 2,574 | | |
| Total | | 28,314 | | |
| 2. Compostaje de Elodea y Buchón | | 99,803 | 24,640 | |
| (1) Corte/Prensado por tolva | 1 Equipo | | 6,333 | |
| Costo de Combustible | 1 Equipo | 3,551 | | Eficiencia de Trabajo: 50% |
| Gastos de Personal | 12 m/m | 11,040 | | |
| Costo de Reparación | 1 Equipo | 2,534 | | Necesidad de Reparación: 50% |
| Costo de Administración (10%) | | 1,713 | | |
| Total | | 18,838 | | |
| (2) Transporte por Volqueta | 1 Vehículo | | 7,011 | |
| Costo de Combustible | 1 Vehículo | 4,773 | | |
| Gastos de Personal | 12 m/m | 11,040 | | |
| Costo de Reparación | 1 Vehículo | 3,506 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 1,932 | | |
| Total | | 21,251 | | |
| (3) Amontonamiento por Pala Tractor | 1 Vehículo | | 11,296 | |
| Costo de Combustible | 1 Vehículo | 6,038 | | |
| Gastos de Personal | 12 m/m | 16,560 | | |
| Costo de Reparación | 1 Vehículo | 5,648 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 2,825 | | |
| Total | | 31,071 | | |
| (4) Adquisición y Mezcla de Aditivos* | | | 0 | |
| Costo de Adquisición | | 15,000 | | Sub-materiales |
| Gastos de Personal | 12 m/m | 11,040 | | Trabajo Misceláneo |
| Costo de Administración (10%) | | 2,604 | | |
| Total | | 28,644 | | |
| 3. Grand Total | | 210,002 | 89,397 | |

1) *: El aditivo para facilitar la fermentación del compostaje se consigue en las de fábricas de azúcar y se mezcla con las
2) m/m: Hombres-mes

Tabla G.4.5 Costo de Inversión para Corte y Compostaje de Plantas Acuáticas (Proyecto en Gran Escala)

1. Adquisición de Equipo

| Item | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (millones Col\$) | Monto (millones Col\$) | Observaciones |
|-------------------------------------|--------|----------|------------------------------------|---------------------------|--|
| (1) Cosecha de Elodea | | | | | |
| Bote Cosechador | no. | 2 | 760.0 | 1,520.0 | 6.5 ton/h/set, 2 existentes, 2 adicionales |
| Barcaza | no. | 6 | 76.0 | 456.0 | 150 m ³ carga/set, 6 adicionales al proyecto piloto |
| Remolcador | no. | 1 | 152.0 | 152.0 | 1 adicional al proyecto piloto |
| Cinta Transportadora | no. | 2 | 9.7 | 19.4 | El equipo del proyecto piloto no se usa |
| Total | | | | 2,147.4 | |
| (2) Remocion de Buchon | | | | | |
| Bote rastrillo | no. | 2 | 304.0 | 608.0 | 365 ton/día/set |
| Grúa de Oruga | no. | 1 | 406.6 | 406.6 | |
| Total | | | | 1,014.6 | |
| (3) Produccion de Compostaje | | | | | |
| Tolva | no. | 3 | 95.0 | 285.0 | 3 Adicional al piloto |
| Volqueta | no. | 7 | 179.4 | 1,255.8 | 1 Pequeño camion del proyecto piloto se usa para trabajos varios |
| Pala Tractor | no. | 3 | 256.5 | 769.5 | 1 Pequeña pala del proyecto piloto se usa para trabajos varios |
| Total | | | | 2,310.3 | |
| (4) Grand Total | | | | 5,472.3 | |

2. Construcción del Campo de Compostaje

| Item | Unidad | Quantity | Costo Unitario (Col\$) | Monto (millones Col\$) | Observaciones |
|-----------------------------------|----------------|----------|---------------------------|---------------------------|--|
| (1) Obra Civil | | | | | |
| Terraplén del Campo | m ³ | 18,500 | 10,000 | 185.0 | Extensión del piloto |
| Bases del Cajón | m ³ | 8,400 | 22,000 | 184.8 | Gravilla, Adicional al piloto |
| Trabajos de Piso de los Cajones | m ³ | 2,800 | 250,000 | 700.0 | Concreto Plano, Adicional al piloto |
| Pared de Partición de los Cajones | m ³ | 1,300 | 450,000 | 585.0 | Concreto reforzado, Adicional al piloto |
| Piso de los Cajones | m ² | 28,000 | 23,000 | 644.0 | Incl. Estructura soporte del piso, Adicional al piloto |
| Otros | l.s. | 1 | | 450.2 | Via de acceso, mejoramiento del puerto, etc. Adicional al piloto |
| Total | | | | 2,749.0 | |
| (2) Adquisición de tierras | m ² | 37,000 | 3,000 | 111.0 | Adicional al piloto |
| (3) Grand Total | | | | 2,860.0 | |

Tabla G.4.6 Costo Anual de O&M del Corte y Compostaje de Plantas Acuáticas (Proyecto en Gran Escala)

| Item | Cantidad | Costo O&M Monto (1,000 Col\$/año) | Depreciación de Equipo (1,000 Col\$/año) | Observaciones |
|--|-------------|---|--|--------------------|
| 1. Cosecha de Elodea | | 338,242 | 243,008 | |
| (1) Cosecha por Bote | 4 botes | | 202,667 | |
| Costo de Combustible | 4 botes | 17,233 | | |
| Gastos de personal | 96 m/m | 110,400 | | |
| Costo de Reparación | 4 botes | 97,720 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 22,535 | | |
| Total | | 247,888 | | |
| (2) Transporte por Barcaza | 8 botes | | 24,320 | |
| Total | 8 botes | 0 | | |
| (3) Transporte por Remolcador | 2 botes | | 12,160 | |
| Costo de Combustible | 2 botes | 16,092 | | |
| Gastos de Personal | 24 m/m | 22,080 | | |
| Costo de Reparación | 2 botes | 12,160 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 5,033 | | |
| Total | | 55,365 | | |
| (4) Descarga por Cinta Transportadora | 2 equipo | | 3,861 | |
| Costo de Combustible | 2 equipo | 7,217 | | |
| Gastos de Personal | 48 m/m | 22,080 | | |
| Costo de Reparación | 2 equipo | 2,510 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 3,181 | | |
| Total | | 34,988 | | |
| 2. Remoción de Buchón | | 188,322 | 61,677 | |
| (1) Arrastre por Bote | | | 30,400 | |
| Costo de Combustible | 2 botes | 32,183 | | |
| Gastos de Personal | 24 m/m | 22,080 | | |
| Costo de Reparación | 2 botes | 24,320 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 7,858 | | |
| Total | | 86,441 | | |
| (2) Descargue por grúa de orugas | 1 equipo | | 31,277 | |
| Costo de Combustible | 1 equipo | 5,221 | | |
| Gastos de Personal | 72 m/m | 71,760 | | |
| Costo de Reparación | 1 equipo | 15,638 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 9,262 | | |
| Total | | 101,881 | | |
| 3. Compostaje de Elodea/Buchón | | 483,055 | 239,147 | |
| (1) Corte/Prensado por Tolva | 4 equipos | | 25,333 | |
| Costo de Combustible | 4 equipos | 28,405 | | |
| Gastos de Personal | 12 m/m | 11,040 | | |
| Costo de Reparación | 4 equipos | 20,267 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 5,971 | | |
| Total | | 65,683 | | |
| (2) Transporte por Volqueta | 5 vehículos | | 89,680 | |
| Costo de Combustible | 5 vehículos | 43,452 | | |
| Gastos de Personal | 60 m/m | 55,200 | | |
| Costo de Reparación | 5 vehículos | 44,840 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 14,349 | | |
| Total | | 157,841 | | |
| (3) Apilamineto por Pala Tractor | 3 vehículos | | 69,955 | |
| Costo de Combustible | 3 vehículos | 29,759 | | |
| Gastos de Personal | 36 m/m | 49,680 | | |
| Costo de Reparación | 3 vehículos | 34,977 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 11,442 | | |
| Total | | 125,858 | | |
| (4) Reunión de Aditivos por Volqueta * | 2 vehículos | | 35,872 | |
| Costo de Combustible | 2 vehículos | 17,380 | | |
| Gastos de Personal | 48 m/m | 44,160 | | Trabajo Misceláneo |
| Costo de Reparación | 2 vehículos | 17,936 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 7,948 | | |
| Total | | 87,424 | | |
| (5) Trabajos varios | | | 18,307 | |
| Costo de Combustible | 2 equipo | 10,811 | | |
| Gastos de Personal | 24 m/m | 22,080 | | |
| Costo de Reparación | 2 equipo | 9,154 | | |
| Costo de Administración (10%) | | 4,205 | | |
| Total | | 46,250 | | |
| 4. Grand Total | | 1,009,619 | 543,832 | |

1) *: El aditivo para facilitar la fermentación del compostaje se recoge con volqueta de las fábricas de azúcar y se mezcla con las plantas acuáticas. 2) m/m: Hombre-mes

Tabla G.4.7 Programa de Implementación del Control de Plantas Acuáticas

| Item | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011- | Total |
|--|---------|------|---------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1. Dragado | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto Piloto | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto en Gran Escala | | | | | | | | | | | | | |
| D/D | | | | | | | | | | | | | |
| Construcción | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de Inversión (Desembolso) (millones Col\$) | | | 419.1 | | | | 1,290.0 | 3,872.0 | 3,872.0 | 3,872.0 | 3,871.0 | | 17,196.1 |
| 2. Cosecha/Compostaje | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto Piloto | | | | | | | | | | | | | |
| Consecución/Construcción | | | | | | | | | | | | | |
| Operación | | | | | | | | | | | | | |
| Proyecto en Gran Escala | | | | | | | | | | | | | |
| Consecución/Construcción | | | | | | | | | | | | | |
| Operación | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de Inversión (Desembolso) (millones Col\$) | 1,403.5 | | | | 10,284.7 | | | | | | | | 11,688.2 |
| Desembolso del Costo de O&M (1,000 Col\$) | 105,001 | | 210,002 | 210,002 | 105,001 | 1,009,619 | 1,009,619 | 1,009,619 | 2,529,619 | 1,009,619 | 1,029,019 | 1,009,619 | |
| 3. Carpa Hervidora | | | | | | | | | | | | | |
| Consecución/Construcción | | | | | | | | | | | | | |
| Operación | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de Inversión (Desembolso) (millones Col\$) | | | | 2,054.0 | | | | | | | | | |
| Desembolso del Costo de O&M (1,000 Col\$) | | | | 25,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 | 50,000 | 2,054.0 |
| 4. Total | | | | | | | | | | | | | |
| Costo de Inversión (Desembolso) (millones Col\$) | 1,403.5 | | 419.1 | 2,054.0 | 10,284.7 | | 1,290.0 | 3,872.0 | 3,872.0 | 3,872.0 | 3,871.0 | | 30,938.3 |
| Desembolso del Costo de O&M (1,000 Col\$) | 105,001 | | 210,002 | 235,002 | 155,001 | 1,059,619 | 1,059,619 | 1,059,619 | 2,579,619 | 1,059,619 | 1,079,019 | 1,059,619 | |

Nota: El costo de O&M no incluye el costo de reposición del equipamiento