

VETIVER SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION OF OPEN CUT BAUXITE MINING AT “LOS PIJIGUAOS” –VENEZUELA.

R. Luque M.

Vetiver Antierosión, C. A: Av. Circunvalación N° 129 Piñonal Maracay ZP: 2103 Venezuela
vetiver@cantv.net

M. Lisena

CVG Bauxilum, C. A: Campamento Bauxilum Los Pijiguaos Edo. Bolívar, Venezuela
Mario.lisena@bauxilum.com.ve

O. Luque M.

Fundacion Empresas Polar Vetiver Project, and Vetiver Antierosion C.A. Consultant
oluque1@cantv.net

Keywords: Bauxite, phyto-technology, bioengineering, Slope stabilization, erosion control, galleys

ABSTRACT:

This paper presents the experience accumulated during three years of environmental recovery of bauxite mine located in Los Pijiguaos, Bolivar State, Venezuela; through the application of the Vetiver System Technologies (VST). It describes the different phases of analysis, design and installation of provisional barriers such as sandy bags, stone rows or wooden fence before planting vetiver to protect vetiver tillers, especially in very high slope areas

In this context, the company has incorporated the VS into its general policy to mitigate the impact of mining activities on the local community with the aim of providing social assistance, and economic development of the region.

The operation of BAUXILUM Mining must meet all the following environmental and social objectives:

- To re-establish the native forest affected by open cut bauxite mining
- To build sedimentation lagoons
- To protect the mining infrastructures
- To provide assistance to their neighboring communities.

Vetiver system has been used in this project, for stabilization of various slope gradients, on the soil-concrete interface to protect infrastructures on the mine site, stabilization of gullies and border drains, reinforcement of lagoon dikes, bio-filter in gullies and around lagoons.

For erosion control a total of 26.300m of vetiver barriers have been planting, from 2003 to June 2006. Now CVG BAUXILUM is planning to plant another 7.400m of Vetiver barriers. This activity is carried out during the rainy season from June to October.

The experience is documented with photos, which show the graphic transition from the natural state of the land, during the process of vetiver barrier planting and after the Vetiver barriers fully established. It is also presented a study on the aluminum absorption of Vetiver leaves, with their corresponding charts and graphs.

Based on the above results, during the past three years, CVG Bauxilum has successfully developed a Vetiver System for land rehabilitation and environmental protection to restore the open cut bauxite mining site Venezuela, to a desirable environmentally friendly level.

1. INTRODUCCIÓN:

1.1 Localización y problemática:

En la región de la amazonía venezolana, la empresa CVG BAUXILUM, C.A. opera una mina de bauxita a cielo abierto ubicada en Los Pijiguaos, Estado Bolívar, (6°31'05"N, 66°44'52"W). Durante el proceso de extracción el terreno queda desprotegido y sometido a la acción de las fuertes lluvias que caen en la zona, lo cual origina importantes procesos de erosión hídrica, que a su vez genera un volumen de sedimentos que contamina los cursos de aguas. Por otra parte, este tipo de minería requiere de obras de servicios que conlleva a la construcción de vialidades con sus taludes, cunetas, etc, que deja a la bauxita expuesta a la erosión y al arrastre de sedimentos. La ausencia de suelo en esas áreas intervenidas dificulta el establecimiento de plantas o gramíneas comúnmente usadas para cubrirlas.

1.2 Políticas ambientales

En aras de la protección del medio ambiente, la empresa aplica como un proceso sistematizado, la remoción de la vegetación existente en los espacios previstos para la extracción de la bauxita y acopia la capa vegetal para su posterior uso. Concluida la fase de explotación del mineral, se realiza la recuperación del área colocando el material previamente reservado mediante el uso de maquinarias que lo distribuye, a la vez que realiza escarificación profunda en el suelo. Posteriormente se procede a la siembra de especies que se adaptan a la ecología de la zona.

Dentro de esos programas de protección ambiental, también construye anualmente lagunas para captar los sedimentos arrastrados, mediante la excavación y formación de diques de tierra (bauxita); pese a ello las lluvias que caen, en ocasiones rebasan el vaso de la laguna y arrastran consigo los sedimentos en suspensión. Del mismo modo, esos grandes volúmenes de agua, aunados a la velocidad de escorrentía por los desniveles existentes en la topografía del área causan el deterioro de los drenajes al concentrarse, originando surcos que finalmente se convierten en grandes cárcavas. A fin de complementar su política de recuperación ambiental, la empresa ha incorporado la Tecnología de Sistemas Vetiver (TSV) desde el año 2.003.

2. LA BAUXITA DE LOS PIJIGUAOS:

2.1 Características

El yacimiento se reconoce como un grupo de horizontes ubicados en el tope de lateritas alumínicas, con un espesor promedio de 10 a 12 mts. Estos horizontes pueden contener un segundo nivel de mineralización bauxítica hacia la parte media, pero es de poco espesor.

La bauxita de Los Pijiguaos es gibsítica, de textura pisolítica, esponjosa y celular, típicamente cuarzosa. En la tabla se puede observar la composición química, en base seca, de esta bauxita:

Alúmina total	Al ₂ O ₃ t	49.46%
Sílice total	SiO ₂ t	9.33%
Sílice cuarzo	SiO ₂ q	7.59%
Sílice combinada	SiO ₂ c	1.74%
Pérdida por ignición	PPI	26.74%
Oxido de hierro (hemática)	Fe ₂ O ₃	12.58%
Oxido de titanio	TiO ₃	1.21%
Humedad		11.00%

(Lisena, M. 2.003)

2.2 Reservas y producción

El yacimiento de bauxita de Los Pijiguaos tiene una extensión de 16 km² y está ubicado en el cerro Páez, en el extremo noroccidental del municipio Cedeño del Edo Bolívar. Esta serranía forma parte del escudo precámbrico de Guayana. Las reservas probables se ubican en la parte norte de la meseta. Las dimensiones máximas en los topes en forma de mesetas son de 11 Km. en dirección N-S y 5.5 Km. en dirección E-W. (Lisena, M. op. cit.)

Se considera que las terrazas de lateríticas aluminicas poseen 5.000.000.000 de toneladas asociadas como reserva posibles (Alusuisse, 1.980, citado por Lisena).

La explotación llevada a cabo durante el año 2.005 alcanzó a la cifra de 5.200.000 TM y la meta para el año en curso es de 6.300.000 TM.

3 ECOLOGÍA, CLIMATOLOGIA DE LA ZONA

3.1 Descripción general

Según Lisena, la zona configura desde el punto de vista bioclimático, un ecotono entre el bosque seco tropical y el bosque húmedo premontano, el primero presente en las partes bajas y el segundo en las partes más altas del relieve.

La temperatura media anual varía entre 27.5° C en la margen derecha del río Orinoco (45 m.s.n.m.) hasta 24° C en la cumbre de la meseta donde se realiza la explotación de la bauxita (650 m.s.n.m., promedio)

La precipitación promedio anual varía entre 2.400 mm y 2.900 mm, presentándose una estación seca entre noviembre y marzo. En los meses de junio a octubre (ambos inclusive) llueve el 84% de los días, mientras que en mayo y noviembre las lluvias llegan al 50%. El total de lluvias en el año alcanza a los 192 días.

3.2 Suelos

Los suelos son oxisoles de extremada pobreza química, variables condiciones físicas, según la posición fisiográfica y, en general, de una alta erodabilidad. Son suelos antiguos con extremo grado de meteorización y muy bajas reserva de bases. El pH se sitúa entre 4 y 5.

4. ¿QUÉ ES EL VETIVER?

El vetiver (*Vetiveria zizanioides*) es una gramínea perenne que posee un sistema radicular masivo, profundo (2 a 3 mts de crecimiento en un año); fuerte, su resistencia a la tracción es de 75 MPa, equivalente a 1/6 del acero blando (Hengchaovanich, D. 1.996), ello amarra el suelo. Su follaje es erecto, alto, abundante e igualmente fuerte; siendo capaz, cuando se establecen barreras con él, de soportar láminas de agua de inundación de hasta 80 cms. y reducir su velocidad casi a cero; (RLAV, 1.999) a la vez que retiene los sedimentos. Es una planta asexual, es decir, sus semillas no son fértiles, y por ende no hay riesgo de que se convierta en maleza. Una vez establecido tolera condiciones extremas de: sequías; inundaciones; quema (rebrot a la semana); temperaturas (-14° C a 46° C); altitudes (0 mts hasta 2800 msnm); pH (3 a 12.5); se adapta a suelos con presencia de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, cromo, plomo, manganeso, mercurio, níquel, selenio y zinc; suelos sódicos, salinos, alcalinos, (Troung, P. 1999) Su presencia en el país se remonta a unos cien años atrás (Mirabal, CT) en que era utilizada en algunas regiones del sur del país para techar viviendas, (Decanio, E. 2.004.)

5. ¿QUÉ ES LA TSV?

La Tecnología de Sistemas Vetiver (TSV) es originada por la Bioingeniería, una conjunción de varias disciplinas de la biología y las ingenierías agronómica y civil, que interactúan para el diseño, instalación y mantenimiento de barreras vivas, usando al vetiver como planta matriz para el control de erosión, estabilización de taludes, filtro de sedimentos, recuperación de cuencas, control de flujos y de inundaciones, tratamiento de aguas servidas y biorremediación de suelos contaminados. La experiencia internacional sobre protección de infraestructuras, que data de 1.908 en Malasia, (RLAV. op. cit.), así como en otras aplicaciones de la Bioingeniería es amplia y está abundantemente registrada a través de las diferentes redes regionales del vetiver, y muy particularmente, por la red mundial www.vetiver.org

6. RECUPERACIÓN AMBIENTAL EN LA MINA DE LOS PIJGUAOS:

6.1 Generalidades:

La existencia de grandes áreas de suelos desprotegidos origina problemas severos de erosión hídrica, con sus conocidas consecuencias. El arrastre de la bauxita desprendida por las lluvias, llega hasta los caños y ríos de la región, contaminándolos.

Destacaremos aquí algunas áreas emblemáticas que han sido protegidas con TSV, así como la manera en que se ha abordado la ejecución de los trabajos:

6.2 Metodología:

6.2.1 Diseño:

Tras hacer una evaluación de los sitios a recuperar, se toman muestras de suelo para su análisis; se observan factores como presencia de cursos de agua en el área de la zona a tratar, estabilidad del suelo, pendientes del terreno y se indaga sobre cual será el uso de la barrera; con toda esta información se determina el Intervalo Vertical (IV) a aplicar, el cual generalmente se ubica entre 0.80 m y 1.00 m. Posteriormente se procede a diseñar las barreras. (fig. 1)

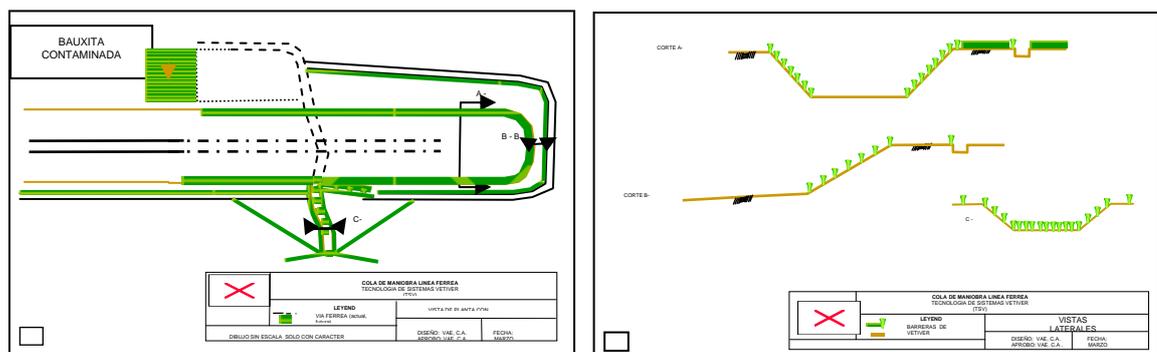


Fig. 1: Planos de diseño

6.2.2 Ejecución:

Los trabajos en campo se inician con el trazado de las curvas de nivel. En ocasiones, cuando el terreno es muy irregular, se hace una conformación previa; luego se abren zanjas de aprox. 20 x 20 cms a todo lo largo del trazado, se aplica fertilizante de una formula NP con alto contenido de fósforo (generalmente DAP) en el fondo del suelo, a continuación se cubre con una capa de tierra y se procede a colocar encima una capa de abono orgánico; si el suelo está seco se irriga el canal y se procede a sembrar las plantas de vetiver a razón de 7 u 8/mts. Las cantidades de abono y fertilizante a aplicar en cada caso se determinan con los resultados de los análisis de suelo.

6.3 Áreas de trabajos:

Los trabajos se realizan en las áreas de la mina donde trafican permanentemente maquinarias pesadas. Está ubicada en una zona selvática. Las pendientes de los terrenos son variables en cada área a proteger y éstas van desde unos 5° (cunetas) hasta 80° (cárcavas).

Cuando la pendiente es muy inclinada se trabaja con técnicas similares al rappel, es decir, amarrados desde arriba con un mecate atado a un tronco enterrado profundamente, atando éste a un segundo apoyo.

6.4 Seguridad:

Además de la charla obligatoria sobre seguridad industrial dictada por CVG Bauxilum; antes de iniciar cada trabajo se le da una inducción a nuestro personal sobre los riesgos de los trabajos y las medidas de seguridad que hay que adoptar permanentemente, tanto en la carretera como en el sitio de trabajo. Se le entrega a cada trabajador normas de estricto cumplimiento. Se entrena a los inexpertos en la aplicación de la TSV. También se les induce sobre la necesidad de proteger al medio ambiente, particularmente a la fauna de la región.

Cuando se labora en pendientes muy pronunciadas, el trabajador que está en la pared es asistido por otro quien vigila permanentemente al que realiza el trabajo, así como a los aperos y el entorno. Esta política se ha reflejado en la inexistencia de incidentes (tipo de accidente de menor nivel) durante los tres años que tenemos laborando en esa mina.

6.5 Aplicación de Bioingeniería TSV y comentarios:

6.5.1 Lagunas de sedimentación: (Años 2.003 al 2.005)

Se construyen por excavación en, o cercanas a, drenajes. Su propósito es minimizar el transporte de sedimentos hacia los cursos naturales de agua (caños, ríos); están ubicadas en terrenos de poca pendiente. Los taludes que se levantan son muy erodables, por esta razón se forman surcos que ocasionalmente confluyen en ambas caras causando debilitamiento al dique y origina su ruptura cuando la laguna se rebasa.

Con la siembra de vetiver (foto 1) se ha controlado el fenómeno de erosión en los taludes, logrando además reforzar la estructura del dique a través del mallado que forman las raíces que amarran al suelo. Las barreras le brindan además una sobre elevación ya que se comportan como una pared porosa (foto 2) que le permite a la laguna liberar agua por la cresta cuando ocurren lluvias de grandes dimensiones; a la vez que atrapa los sedimentos suspendidos en las aguas que pasan a través de ellas.

Se ha observado que las barreras ubicadas en la cara interior de las lagunas con frecuencia quedan inundadas durante 2 meses sin que el vetiver sea afectado por ello.



foto 1



foto 2

6.5.2 Interfaz suelo-concreto (Año 2.003)

Uno de los problemas que comúnmente se presentan en ingeniería es la erosión de las áreas de transición entre el concreto y el suelo; muy particularmente en las zonas por donde drenan las aguas de lluvias (foto 3).

Se aplicó la TSV en brocales de una vialidad de 1.200 mts y fuerte pendiente, que conduce a “la aducción”. Aunque la obra estaba en su primer año, en algunos sitios el brocal presentaba surcos profundos pese a que, como medida de prevención, le habían aplicado un manto de concreto pobre; sin embargo la acción de las aguas continuó erosionando y persistía el daño en la referida zona antes de realizar la siembra.

Inicialmente en las áreas de mayor pendiente hubo dificultades con un lote de plantas, las cuales eran arrastradas por las corrientes durante las lluvias; el problema se solventó colocando barreras provisionales con sacos de arena, capaces de desviar el agua hacia la carretera.

El vetiver creció rápido y fuerte a lo largo de 1.050 mts; en los 150 mts restantes, ubicados en áreas con presencia de sombra, el desarrollo de las plantas fue lento y disperso, sin embargo también detuvo la erosión.



foto 3



foto 4

6.5.3 Talud “La Aducción” (Año 2.003)

Está formado por un talud a tres pendientes, dos naturales -una longitudinal y otra transversal-, mientras la tercera, también transversal, es de corte; con una inclinación esta última de unos 60°.

Durante la evaluación previa, en Abril 2.003 (verano), estaba recién construido y su conformación era homogénea. En Octubre 2.003, cuando se inició la siembra (finales de lluvias) se habían formado surcos de importante tamaño en las tres pendientes y comenzaban a aparecer algunas cárcavas (foto 5). El terreno se conformó manualmente. Se hizo necesario trabajar amarrado, tipo rappel (foto 6). Posterior a la siembra, el crecimiento de las plantas fue relativamente rápido.



foto 5



foto 6

El talud está estable y las barreras bien desarrolladas (fotos 7 y 8). Además se ha observado en él la presencia de especies vegetales pioneras para la recuperación del bosque originario.



foto 7



foto 8

6.5.4 Cárcava “chorro de agua” (Año 2.003)

Se trataba de una cárcava de 95 metros de longitud, (foto 9) formada por paredes verticales con desniveles de hasta -5,00 mts, que alcanzó anchos de hasta 15.90 mts. Había sido reparada en diversas ocasiones pero igualmente continuó fallando; posteriormente se construyó una torrentera de concreto paralela a ella para conducir las aguas, sin embargo, la contaminación visual y el riesgo de que las aguas buscaran su curso anterior continuaba.



foto 9

Para la aplicación de la TSV se hizo una conformación a máquina del terreno, previa a la siembra del vetiver (foto 10). La siembra se hizo al final del ciclo de lluvias y ello limitó la formación de las barreras en su totalidad. Pese a que no se realizaron labores de riego, y al fuerte verano en la región; las plantas de vetiver se mantuvieron en un estado de latencia hasta el reinicio de las lluvias, cinco meses después. En el 2.004 se efectuó una resiembra en algunos puntos fallados; en esa ocasión todas las matas crecieron vigorosas (foto11).



foto 10



foto 11

Cabe referir que un año después de sembrado el Vetiver, una tanquilla aledaña que recoge un volumen importante de agua colapsó; sin embargo, este evento afectó parcialmente a una sola barrera. En la actualidad se encuentra en franca recuperación por vía natural.

6.5.5. Otras cárcavas (Años 2.003 y 2.004)

Se han estabilizado otras cárcavas, entre ellas las más relevantes son:

- Una de 15 mts de profundidad con una inclinación de 80° (foto 12). Se formó a causa de la ruptura del dique en una laguna de sedimentación que fue construida cerca de una depresión, según criterios usados anteriormente que hoy están descartados. Se requirió sembrar por puntos, es decir, no se pudo abrir zanjas debido a lo inestable del terreno (foto 13). Durante la fase de arraigo de las matas ocurrieron tres deslizamientos localizados, causados por las lluvias. Estos fueron resembrados en cada ocasión. Actualmente la recuperación es total.



foto 12



foto 13

- La otra tenía una depresión de aprox. 40 mts de profundidad y una inclinación de unos 60° (foto 14). De origen similar a la anterior, fue modificada por la acción de trabajos realizados en la laguna que la produjo. El volcamiento del material formó un talud muy inestable a causa del relleno sin compactar; a ello se agregó la filtración de la laguna por la parte inferior del talud; todos estos elementos se conjugaron para que ocurriera un deslizamiento después de haber sembrado. Los trabajos de reparación se acometieron al año siguiente. Hoy está estable e igualmente hay presencia de otras especies vegetales pioneras. En la ejecución de ambos casos, los trabajadores se amarran usando técnicas similares al rappel (fotos 13 y 15)



foto 14



foto 15

6.5.5 Deslizamiento en vialidad por falla de borde (Año 2.004)

A la altura del Km 4 de la vialidad que conduce a la mina se produjo un deslave que deterioró considerablemente un muro de gavión que se encontraba en el área, dejando además sin apoyo a un tramo de tubería que conduce agua potable hasta el campamento (foto 16). El departamento de seguridad de Bauxilum declaró emergencia ante la posible ruptura de ésta última lo cual representaba un doble riesgo:

- Que colapsara la vialidad, lo que posiblemente cerraría el acceso al área de minas.
- Dejar sin agua potable al campamento residencial.

Se plantearon dos opciones para resolver esta situación, la primera fue construir una pantalla atirantada. La otra en cambio, fue edificar terrazas con muros de suelocemento y anclarlos con barreras de vetiver. Se adoptó esta última y el proyecto requirió sólo de un mes para su ejecución (foto 17). El otro diseño propuesto como solución de ingeniería fue desechado por lento y costoso.

Los trabajos citados fueron realizados en Marzo y fue necesario usar riego durante dos meses, hasta que se iniciaron las lluvias. Al año siguiente ocurrió un incendio de vegetación en la zona, quemándose las barreras en su totalidad. Sin embargo, a la semana siguiente el vetiver había reverdecido, antes de que la vegetación circundante mostrase signos de recuperación. Las pérdidas de vetiver fueron mínimas.



foto 16



foto 17

6.5.6 Talud en vialidad (Año 2.004)

En el Km 10 de la vía a la mina se produjeron dos deslizamientos en taludes de corte con una altura de 25 mts y 15 mts respectivamente, y una inclinación de 75° (foto 18). Los taludes están ubicados en la cara Este de la montaña; del otro lado (Oeste) existe una vegetación frondosa; esta situación restringe la incidencia de luz en la zona a pocas horas del día.

Durante la inspección se determinó la presencia de pequeños cursos de agua que escurrían en la zona. Se realizó una limpieza en la parte superior y se canalizaron las aguas hasta otras vertientes. Las plantas se sembraron abriendo huecos individuales; se trabajó con técnicas de rappel.

El crecimiento y desarrollo de las plantas fue muy pobre debido a la escasa incidencia de luz solar, al punto de que a la fecha, dos años después, apenas se nota la presencia de ellas. Sin embargo el talud se mantiene estable; tal vez por la ausencia de las aguas que fueron desviadas a otra vertiente (foto 19).



foto 18



foto 19

6.5.7 Filtro de sedimentos: (Años 2.003 al 2.005)

Las cunetas en suelo desnudo, que conducen grandes volúmenes de agua producto de las lluvias o del rebalse de las lagunas, son proclives a la formación de cárcavas, pese a su continuo mantenimiento.

Debido a las fuertes corrientes que se desplazan por esos drenajes (foto 20), en ocasiones se requiere instalar barreras provisionales con sacos, rocas o madera, previo a la siembra del vetiver para evitar que las plantas sean arrastradas antes de que se arraiguen en el suelo. En otros casos se ha trabajado con barreras preformadas en el vivero anclándolas con el uso de cabillas de acero y amarrándolas fuertemente.

El establecimiento de barreras de vetiver como filtro de sedimentos no sólo ha cumplido con ese propósito sino que, también ha revertido el proceso de erosión al rellenar y formar terrazas en las áreas ubicadas aguas arriba (foto 21).



foto 20



foto 21

7. ENSAYOS DE ABSORCION DE ALUMINIO

A objeto de determinar los niveles de absorción de aluminio por las plantas de vetiver en el área de recuperación ambiental de la mina, se realizaron ensayos a 15 muestras de suelos tomadas en sitios en donde se han instalado barreras. Como referencia se tomó una muestra al suelo en plantas sembradas dentro del centro poblado (PTAR), con características diferentes al de la mina; con los resultados se seleccionaron plantas en B2S8a y en B1CCA y se analizó la cantidad de aluminio en sus hojas.

La tabla N° 1 recoge los valores obtenidos en las muestras de suelo; mientras que en la figura N° 2 se establece la comparación gráfica de estos resultados.

ANALISIS A MUESTRAS DE SUELO

Origen de la Muestra	Número de la Muestra	Cantidad de la muestra (ppm).	pH del Suelo (Bauxita) Analizado .	Contenido de Aluminio (ppm)	Contenido de Hierro (ppm.)
Centro Poblado	0	300.000	6,23
B1S8	1	250	7,9	14,976	4,764
B2S8a	2	249,8	5,85	12,594	3,094
B2S8b	3	250,4	6,14	17,939	4,84
B2S8c	4	250	6,85	16,628	3,252
B2S3	5	249,9	6,06	16,92	3,109
B2S1	6	250	5,93	15,964	3,504
B1 CCA	7	250,1	5,59	28,47	5,317
B1S4	8	250,3	6,11	16,735	3,963
B1S3a	9	250,3	6,28	16,44	2,968
B1S3b	10	249,8	6,14	16,773	4,543
B1S5	11	250	5,66	19,204	7,064
B1S4LS2	12	249,9	5,57	17,959	4,217
B1S4LS3	13	249,8	5,96	17,566	3,014
B1S4LS4	14	250,1	6,59	18,1	6,449
B3S2	15	250,3	6,00	16,41	5,549

Tabla N° 1

HIERRO Y ALUMINIO PRESENTES EN EL SUELO

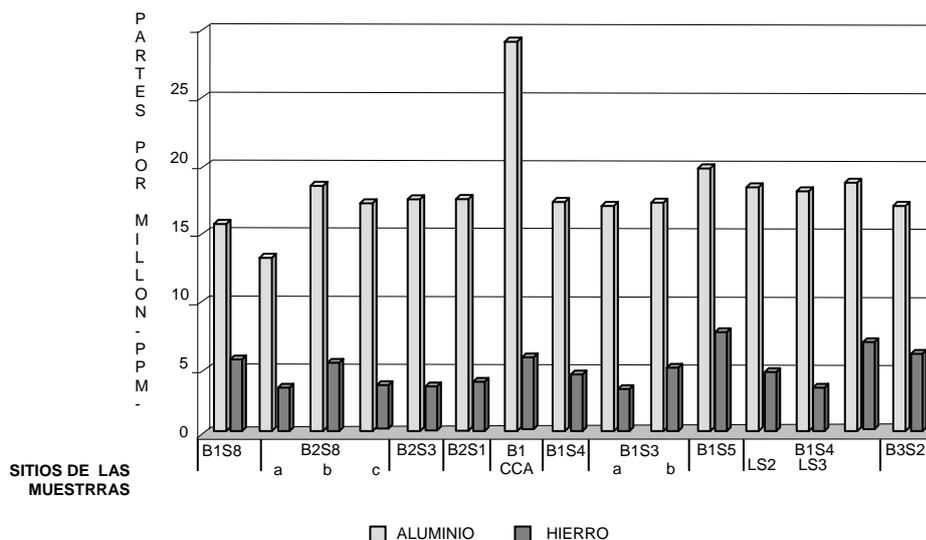


Figura N° 2

Por su parte, la tabla N° 2 muestra los niveles de aluminio contenidos en las hojas de las plantas muestreadas, los cuales se comparan gráficamente en la figura N° 3.

ABSORCION DE ALUMINIO EN PLANTAS DE VETIVER (HOJAS)

	Centro Poblado. (cercano a PTAS)	carcava del Caño Chorro de Agua. (B1 CCA)	Talud vía a la Aducción (B2S8)
Tiempo (meses)	36	26	34
ppm	36	198	430

Tabla N° 2

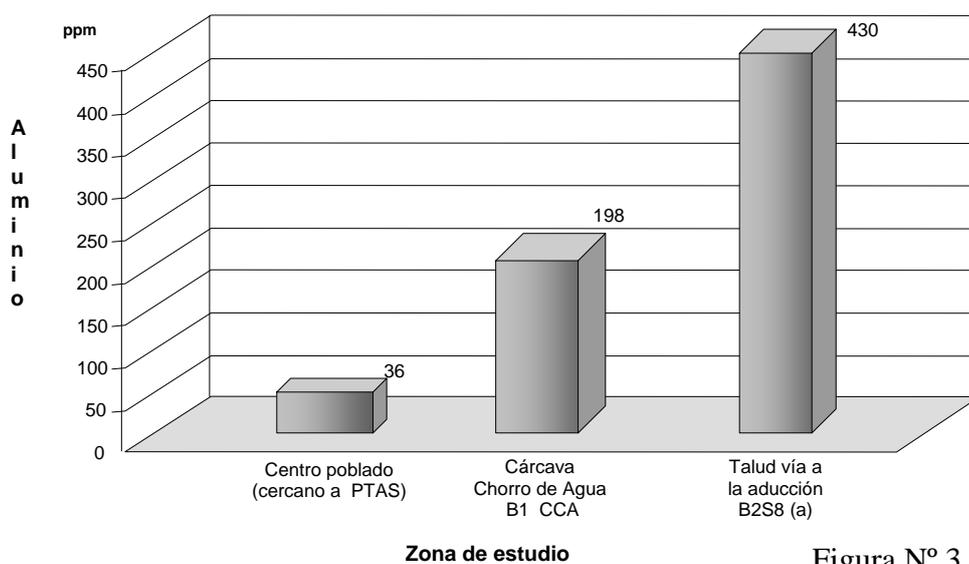


Figura N° 3

Del resultado de los análisis realizados en muestras de plantas de Vetiver (hojas); así como en las de suelos del área plantada, se concluye lo siguiente:

- De las muestras obtenidas para determinar el contenido de aluminio presente en la planta, se obtuvieron los mayores resultados (valores) en las plantas establecidas en el talud de la vía a la aducción mina (B2S8), presentando 430 ppm de aluminio acumulado en 34 meses de siembra. Seguidamente, se presentan valores de 198 ppm en las plantas establecidas en la cárcava del Caño Chorro de Agua (B1 CCA), con un tiempo de siembra de 26 meses. Ambos grupos de plantas establecidas en las áreas en proceso de recuperación.
Los valores más bajos de 36 ppm se corresponden con las especies establecidas en las adyacencias de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) que se ubican en las instalaciones del Centro Poblado; y que por consiguiente no están asociadas al proceso de explotación del mineral de bauxita, así como tampoco a suelos derivados de este tipo de mineral.
- A pesar de que los valores de pH asociados a los suelos donde se establecieron las especies de Vetiver presentan valores que reflejan e indican que su solubilidad no debe alcanzar un 10%. Resulta muy probable que los mismos hayan estado asociados a bajos valores de pH establecidos al inicio del proceso de siembra, a través de la aplicación de gran cantidad de material orgánico como enmienda.

8. ACCION SOCIAL:

A partir del año 2.004, CVG Bauxilum Los Pijiguaos y Vetiver Antierosión C.A. establecieron un acuerdo para formar artesanos residentes en las comunidades circundantes a la zona de influencia del proyecto en la elaboración de artesanías con Vetiver. En él participan 14 comunidades, mayoritariamente indígenas (fotos 22 y 23). Entre los objetivos de este programa, además del proceso enseñanza-aprendizaje de un oficio y los beneficios que él conduce, está la búsqueda de una transferencia de tecnología que lleve a que los grupos en formación sustituyan las hojas de la palma moriche (*Mauritania flexuosa*), ancestralmente utilizado por distintas etnias venezolanas en la confección de artesanías, por el Vetiver. La permanente explotación del moriche ha mermado significativamente esta palmera, vital en el ecosistema de la zona.

El programa de adiestramiento comprende además de la formación como artesano, técnicas de comercialización de las piezas elaboradas, y desarrollo de la potencialidad individual a través del crecimiento de la autoestima. Paralelamente se han dictado talleres en las diferentes escuelas de la zona para promover las potencialidades del Vetiver entre los estudiantes y su entorno familiar.

Este programa es conducido por Oswaldo Luque, Grace Rivero y Edgar Ceballos dentro de un esquema de transferencia a CVG Bauxilum por parte del Proyecto Vetiver de Fundación Empresas Polar.



foto 22



foto 23

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

La implementación de la TSV en esta mina de bauxita ha conducido a resultados tangibles y beneficiosos tendientes a la recuperación del medio ambiente y auspiciar el desarrollo humano del entorno. Dentro de ello podemos destacar:

9.1 Resultados directos

- Se logró establecer el vetiver en un suelo carente de materia orgánica, con unas características edafológicas particulares, que hace difícil la propagación de otras especies.
- Se controló la erosión en: taludes, cárcavas, fallas de borde e interfaz suelo-concreto y cunetas localizados en un suelo muy erodable y en zona de alta pluviosidad.
- Las barreras instaladas en las cunetas revirtieron el proceso de erosión, atrapando sedimentos y formando terrazas.
- Se ha protegido efectivamente diques de lagunas contra la erosión. Las barreras le han brindado además un valor agregado como filtros de sedimentos.
- Como consecuencia de los dos puntos anteriores, se ha disminuido los aportes de sedimentos a los cursos naturales de agua.
- El Vetiver propicia el establecimiento de otras especies vegetales autóctonas entre las barreras.
- Se ratificó la limitación del Vetiver para crecer bajo la sombra.
- El contenido de aluminio acumulado en las hojas de las plantas, se encuentra íntimamente relacionado con las altas concentraciones de aluminio encontradas en los suelos subyacentes.

9.2 Resultados indirectos:

- En vista de los resultados, CVG Bauxilum incorporó al Vetiver dentro de su política de recuperación del medio ambiente y mejora del entorno social.
- Las comunidades aledañas participantes del programa, están mitigando su problemática socioeconómica debido a la formación como artesanos, y al dinero que perciben por las ventas de sus productos.
- Está disminuyendo el consumo de moriche (*Mauritana flexuosa*) en la zona por parte de los indígenas.
- CVG Bauxilum está evaluando la adaptación de especies vegetales en lodos rojos, para la biorremediación de un área extensa en su planta de extracción de alúmina en Puerto Ordaz. Entre las especies seleccionadas está el vetiver.

9.3 Recomendaciones:

- Se recomienda dar continuidad a la ejecución de ensayos posteriores que permitan determinar la incidencia directa del aluminio contenido en el suelo (asociado a minas de bauxita) y su acumulación en las diferentes estructuras del organismo (hojas, tallos, raíces) de la especie Vetiver.
- Se recomienda evaluar la contribución del vetiver en la disminución del aporte de bauxita a los cursos naturales de agua (caños y ríos)

10 RECONOCIMIENTO

Deseo manifestar mi agradecimiento a la empresa BAUXILUM, C.A. por la acogida y gran apoyo dado, particularmente al Ing. Wilfredo Aguilar y demás miembros de la Gerencia Ingeniería y Servicios quienes creyeron en esta tecnología y en la empresa que presido; de igual modo a la comunidad de Los Pijiguaos, bien llamada “tierra de encuentros”. Deseo reconocer muy especialmente a nuestros trabajadores que han hecho posible implementar esta tecnología soportando, en ocasiones, unas condiciones de trabajo de alto riesgo.

11 BIBLIOGRAFÍA

- Banco Mundial (1990) Vetiver la barrera contra la erosión. Washington D.C.
- Decanio E. J. 2004. Recopilaciones de Fundación Histórico Cultural Dr. Italo Francisco D’amico. Repuntes II. El San Fernando de ayer. Caracas, CONAC.
- Hengchaovanich, D and Nilaweera, N S (1998). An assessment of strength properties of Vetiver grass roots in relation to slope stabilization, Proc. First Int. Conf. on Vetiver, Chiang Rai, Thailand, pp 153-158.
- Lisena, M. 2.003, Compatibilidad entre las técnicas de aprovechamiento minero y el entorno ambiental en CVG Bauxilum – Los Pijiguaos. pp. 12, 13, 14.
- Mirabal, Carmen T. Personal communication. Address: Urb. Parque Aragua, Edif. Sauce, Apto. 02-03; phone 00 58 243 2334141; email: vetiver@cantv.net
- RLAV 1.999, Video “Vetiver barrera para la bioingeniería, vol 1”. Arte Digital. E-mail: arte_digital@yahoo.com Telef.: (506) 253.4402
- Troung, P. 1999, Introducción a la Tecnología del Pasto Vetiver. Curso Corto sobre Tecnología del Pasto Vetiver para Control de Erosión y Sedimentación, Estabilización de Laderas y Protección Ambiental. Conferencia y Exhibición Asia-Pacífico sobre Bioingeniería de la Tierra y el Agua, Abril 1999.

12 APENDICE (fotografías)



foto 24



foto 25



foto 26



foto 27



foto 28



foto 29



foto 30



foto 31



foto 32



foto 33

LEYENDA:

Preparación y siembra de vetiver en laguna cercana a patio de depósito de bauxita (fotos 24 y 25). Barreras instaladas provisionalmente, mientras el vetiver se consolida (foto 26). Lluvia caída 2 semanas después de sembrar en la cuneta (foto 27). Sedimentos retenidos por barreras en formación (foto 28) y establecida (foto 29). Erosión en brocal antes de la siembra (foto 30). Efecto de la sombra en el crecimiento de las plantas (foto31). Reparando daños causados por la lluvia en una cárcava durante la fase de establecimiento (foto 32). Nuestro equipo humano (foto 33)

Créditos fotografías N^os 22 y 23: Oswaldo Luque.

12 EL AUTOR

Rafael Luque Mirabal es Técnico Electricista especialista en Alto Voltaje. Trabajó durante 30 en una empresa de electricidad como supervisor de construcción de obras civiles y electromecánicas de líneas de transmisión y sub-estaciones. Durante ese lapso recorre todo el país y se preocupa por el deterioro del medio ambiente que observa en sus constantes viajes. Luego de su jubilación se dedica a trabajar en su finca y en el año 2.001 funda, junto con su familia, a Vetiver Antierosión, C.A. Desde allí

dirige y supervisa personalmente los diversos trabajos que la empresa realiza en varias regiones del país. Es autodidacta en Bioingeniería.