



Direc. Edif. Santa Maria (Av. Oquendo entre  
Venezuela y F. Blanco) 4to. Piso of. 4  
Tel.: +591-4-298635 – 35, 4531103 Fax: +591-4-  
298635 Casilla 3094

Sitio web.: [www.tecnologiadesarrollo.tk](http://www.tecnologiadesarrollo.tk)  
e-mail: [tecnologiadesarrollo@lycos.com](mailto:tecnologiadesarrollo@lycos.com)  
[oliver.campero@gmail.com](mailto:oliver.campero@gmail.com)  
Cochabamba-Bolivia

### **BIOGAS EN BOLIVIA PROGRAMA “Viviendas autoenergéticas”**

**Una nueva forma de ver el futuro energético-ambiental del país, en área rural.**



**Palabras Clave:** Bioenergía, Biodigestor, Biogás, Energía, Residuos.

### **Resumen**

El Altiplano Boliviano y fundamentalmente la zona del Lago Titicaca ha sido y será contaminado por la falta de estrategias de manejo de residuos tanto humanos como animales. En ese sentido y para poder mitigar estos efectos negativos, se está logrando consolidar un proceso tecnológico que permitirá disminuir el problema ambiental de este tipo de contaminación en sectores aledaños al lago. Es así que desde el 2006 se está diseminando el programa “Viviendas autoenergéticas”, con una visión integradora de conceptos tecnológicos que permitan reducir las emisiones contaminantes al medio ya sean estas a la atmósfera ( $\text{CH}_4$ ) o los acuíferos superficiales o subterráneos (sólidos en suspensión), este conjunto de acciones, pasan por la implementación de tecnologías intermedias, técnicas que permiten reducir drásticamente los residuos humanos y animales, con la implementación de Biodigestores de bajo costo y Letrinas/duchas ecológicas de descarga continua a los

sistemas de biodigestión, de manera que se genera por un lado energía de biomasa (energía renovable) al obtener BIOGAS luego de este proceso y por otro lado se obtiene un Biofertilizante llamado BIOL, con un poder fertilizante mayor en 30% que cualquier químico utilizado en la agricultura.

Esta técnica de bioenergía, nunca fue tan difundida a nivel de altiplano y en las condiciones que ahora se está realizando en Bolivia (casi 4000 msnm y temperaturas  $-10^{\circ}\text{C}$ ), actualmente se tiene cerca de 100 sistemas en comunidades de los Municipios de Achacachi y Tiawanaku, con la idea de lograr masificar este tipo de tecnologías en otras regiones ribereñas e islas dentro el Lago Titicaca.



Problemática Ambiental-energética, inadecuado manejo de residuos y fuentes de energía ineficiente.

### **El programa “Viviendas autoenergéticas” en Bolivia**

La inequidad al momento de la distribución de los energéticos en Bolivia es muy grande no existe posibilidad de que en zonas como del área rural puedan generar procesos de mejora en su calidad de vida, pues el gobierno tanto local como nacional poco o nada apoyan a este sector de la población, en esta temática, siendo

sus necesidades olvidadas o marginadas de esquemas de desarrollo nacional, por esta razón se ve a Bolivia como un país con abundantes recursos naturales, actualmente uno de los mayores productores de gas de América del sur, sin embargo pese a ser ricos, internamente la falta de fuentes energéticas en el área rural genera grandes problemas tanto en el uso indiscriminado de los recursos naturales (leña y otros) para la cocción de alimentos que en la zona rural deriva en una fuerte presión al Medio Ambiente. En la actualidad no se cuenta con energía eléctrica por la dispersión de la población del área rural, que al no contar con este energético de red u otra fuente alternativa, utilizan kerosén y otros combustibles altamente peligrosos (Gasolina, diésel, velas y otros).

La poca disponibilidad e ineficiencia de las actuales fuentes de energía en el área rural, para la iluminación, la cocción de alimentos, desemboca en que la población campesina incremente su voracidad al medio ambiente, sin conocer que existe otras posibilidades tecnológicas que pueden resultar en esquemas sostenibles de manejo de los recursos naturales, y de los residuos humanos y animales; sin que por esto se cambie culturalmente el uso de los residuos (estiércol) para fines agrícolas.

Estas costumbres implican una gran contaminación al medio ambiente, de emisiones de metano  $\text{CH}_4$ , como gas de efecto invernadero GEI, de manera que afecte al calentamiento global y se continúe deteriorando el medio ambiente mundial.

Los problemas que se están solucionando son:

- a) La alta contaminación ambiental local y proteger la salud sobre todo de la mujer y los niños al cocinar alimentos, con los gases tóxicos que emanan de la quema de estiércol seco y leña; y la contaminación por la falta de estrategias de manejo de residuos.
- b) El poco abastecimiento de fuentes energéticas alternativas para la vivienda familiar.
- c) Manejo adecuado de residuos y disminución del vertido de efluentes humanos y animales al medio ambiente, con los respectivos efectos negativos en la salud humana.
- d) Deterioro del medio ambiente, por el uso irracional de los recursos naturales en este caso la leña, tola u otros energéticos de la zona fundamentalmente. Con el peligro de deforestación y por ende la pérdida de biodiversidad en la zona.

- e) Continuar con la extrema pobreza y sus factores colindantes; la calidad de vida y la presión al medio, por la degradación y contaminación.
- f) Deterioro de la calidad de vida en la zona, debido fundamentalmente al sistema de recolección de recursos que tiende a ser muy exigente, en cuestión de tiempo y trabajo fundamentalmente de las mujeres y niños principalmente.
- g) La falta de fuentes energéticas económicas, de fácil obtención para la cocción de alimentos e iluminación.
- h) El alto costo económico y social con el uso de las actuales fuentes energéticas.
- i) La alta contaminación de medio ambiente global por la emisión de gases de efecto invernadero como el Metano  $\text{CH}_4$ .

La incorporación del concepto de energización rural por medio de la “**Vivienda Autoenergética**”, en el diseño de los programas de desarrollo rural podría contribuir a la obtención de mejores resultados, por cuanto posibilitaría análisis integrados de los aspectos sociales, culturales, económicos, ambientales y energéticos. Un plan de energización del área rural se concibe como un apoyo directo a los esfuerzos locales por resolver los problemas que han limitado la energización rural. Asimismo para canalizar los esfuerzos locales y la cooperación internacional en forma sinérgica y complementaria



**Cocinas mejoradas con el uso de biogás como combustible, LP, Cbba, SC.**

Los Biodigestores en Bolivia, así como todos los procesos y factores inmersos en su uso y aprovechamiento, derivan en una tecnología reciente que tuvo sus primeros avances en la década de los noventa a cargo de la Universidad Mayor de San Simón por medio del Proyecto Biogás con financiamiento de la Cooperación Alemana

(GTZ). Pese al enfoque y prioridades asumidas por este proyecto (GTZ cooperación Alemana 1990-1995 Cbba, Bolivia) para el desarrollo y aplicación de los biodigestores como alternativa de solución al problema energético y de manejo de residuos sólidos, de poblaciones rurales pobres o marginales (donde la generación de energía de bajo costo para uso doméstico a partir de insumos disponibles en la zona constituyó la base de las acciones), no se lograron obtener resultados significativos en lo que se refiere a la tecnología de instalación de los dispositivos en los que se llevan a cabo todos los procesos químicos de la biodigestión.

Los componentes y materiales utilizados por el Proyecto Biogás GTZ para la instalación de los sistemas incrementaron los costos a niveles inaccesibles para la población meta, situándose como una iniciativa eminentemente de investigación pero sin resultados prácticos que demuestren la viabilidad integral de su aplicación en la solución de problemas concretos.

No se pueden negar los avances científicos conseguidos por este proyecto inherentes a la operación en si de los biodigestores en Bolivia, estudio del uso y aplicación de subproductos, etc., generando una base de datos muy útil para mejorar el desarrollo de esta tecnología (ciertamente, la información generada por este proyecto sirvió como referencia para la estructuración del esquema operativo del proyecto Energías Renovables en Bolivia, por nuestra institución).

En resumen, esta fue la única experiencia importante a nivel nacional, en el uso de los Biodigestores pero sin éxito concreto en su aplicación a nivel de la problemática social.

Posteriormente, a partir del año 2001 la ONG "*Tecnologías en Desarrollo*" pone en marcha una iniciativa piloto consistente en la implementación de biodigestores bajo la modalidad de promoción de energías renovables y manejo integral de los residuos sólidos enfocada a zonas rurales con algún tipo de limitación o deficiencia que afecta uno o varios de los factores relacionados con la calidad de vida.

Se debe mencionar que actualmente se tiene conversaciones con la cooperación Alemana y otras instituciones internacionales, para retomar las investigaciones en el



tema pero con un enfoque mas practico, en base a las experiencias obtenidas por la GTZ y los esquemas que Tecnologías en Desarrollo esta llevando a cabo, en ese sentido se pretende una mayor difusión de la tecnología de Biodigestión, que nuestra institución maneja como programa de “Viviendas Autoenergéticas”

### **Que es un biodigestor?**

Biodigestor se denomina al dispositivo en el que se llevan a cabo los procesos de transformación de la materia orgánica para la obtención de biogás, constituyéndose en el componente principal y más importante del sistema. Un biodigestor de desechos orgánicos o biodigestor es, en su forma más simple, un contenedor cerrado, hermético e impermeable (llamado reactor), dentro del cual se deposita el material orgánico a fermentar (excrementos animales y humanos, desechos vegetales-no se incluyen cítricos ya que acidifican-, etcétera) en determinada dilución de agua para que se descomponga, produciendo gas metano y fertilizantes orgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

El fenómeno de biodigestión ocurre, porque existe un grupo de microorganismos bacterianos anaeróbicos presentes en el material fecal, que al actuar sobre los desechos orgánicos de origen vegetal y animal, producen una mezcla de gases con alto contenido de metano ( $\text{CH}_4$ ), llamada biogás, sumamente eficiente si se emplea como combustible. El resultado de este proceso genera residuos con un alto grado de concentración de nutrientes y materia orgánica, (ideales como fertilizantes) que pueden ser aplicados frescos, pues el tratamiento anaerobio elimina los malos olores y la proliferación de moscas.

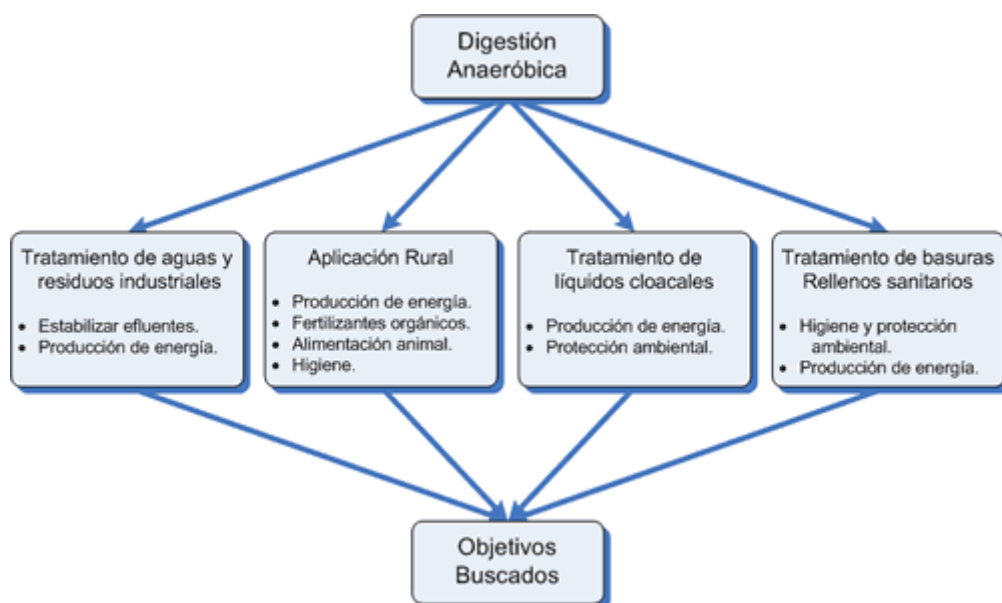


**Biodigestor en Valle.**



**Biodigestor en Altiplano.**

El biodigestor, es un sistema sencillo de implementa, con materiales económicos, que se están introduciendo en comunidades rurales aisladas y de países subdesarrollados; para obtener el doble beneficio de conseguir solventar la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales.



### **La Implementación de biodigestores en Bolivia.**

Este proyecto se desarrollo en comunidades campesinas de Bolivia. Esta iniciativa ha servido de experiencia piloto de aplicar los biodigestores de polietileno tubular de bajo costo, fuera de ecoregiones tropicales a nivel internacional, y ha significado el principio de difusión de esta tecnología apropiada en Bolivia. Tanto la aceptación y

participación de los campesinos como la viabilidad de estos sistemas fuera del trópico ha sido un éxito. Actualmente se instala sistemas de biodigestión anaerobia en Altiplano a 4000msnm y temperaturas por debajo de los 10 °C centígrados, con óptimos resultados.

Los biodigestores de polietileno tubular de bajo costo, se constituyen en una valiosa alternativa para el tratamiento de los desechos orgánicos de las explotaciones agropecuarias de pequeña, mediana y gran magnitud. El proyecto **Implementación de Biodigestores y letrinas en el área rural y periurbana de Bolivia** nace para disminuir la problemática energética-ambiental, así como realizar un adecuado manejo de los residuos tanto humanos como animales, de comunidades rurales y periurbanas del departamento de Cochabamba (Bolivia), a través del uso de energías renovables, en este caso la biomasa. El proyecto completo plantea la instalación de letrinas/duchas ecológicas, arreglo de corrales del ganado y la instalación de biodigestores para la producción de gas para la cocción (biogás).

El proyecto ha generado la instalación de cerca de 250 Biodigestores de bajo costo, de manera pionera en Bolivia y en condiciones de valle, altiplano (4000msnm) y trópico; es en ese sentido que los resultados de este proyecto nos dan la posibilidad de poder extrapolar los resultados obtenidos de la difusión y replica de esta tecnología, los resultados hasta ahora logrados por el proyecto son satisfactorios, actualmente se tiene instalados sistemas en diferentes ecoregiones.



**Biodigestores Instalados en Altiplano, cerca lago Titicaca.**



## **Situación sin la Implementación del Programa**

Las condiciones de vida en la zona del área rural y periurbana que el proyecto pretende afectar es eminentemente muy deprimida y se corre el peligro de:

- a) Continuar con la intoxicación de la población circundante en especial las mujeres y niños en la zona del proyecto, al realizar la cocina de alimentos, usando estiércol seco (Altiplano) o leña y otros (trópico y valles), generando humos y gases tóxicos.
- b) Un mayor deterioro del medio ambiente, por el uso irracional de los recursos naturales en este caso la poca leña existente en la zona, los pajonales, y los efectos sociales y ambientales que ello conlleva.
- c) Aumentar la inequidad del sector rural, por la falta de servicios básicos (saneamiento básico y energía).
- d) Continuar con la extrema pobreza y sus factores colindantes en la calidad de vida.
- e) Peligro de deforestación y por ende la pérdida de biodiversidad en la zona.
- f) Deterioro de la calidad de vida en la zona, debido fundamentalmente al sistema de recolección de recursos que tiende a ser muy exigente en cuestión de tiempo y trabajo fundamentalmente de las mujeres y niños principalmente.
- g) No gozar de fuentes energéticas económicas y de fácil obtención para la cocción de alimentos y en algunos casos de iluminación
- h) Aumento de los costos erogados con el uso de las actuales fuentes energéticas.
- i) Alta contaminación al medio ambiente, generando GEI's a la atmósfera, y su efecto en el calentamiento global; también la contaminación de acuíferos superficiales y subterráneos.

Se puede afirmar que sin la implementación del proyecto, los aspectos anteriormente vistos - aquellos intangibles – como la salud, comodidad, seguridad y simplificación del trabajo se ven seriamente afectados y por tanto la **calidad de vida** seguirá en detrimento.



Uso del Biogás por gente de altiplano Boliviano.

Los beneficios directos de la tecnología de biodigestión anaerobia son:

- ✓ Producción energética económica, dando por resultado ahorros del efectivo.
- ✓ Mejora del sistema de cultivo reciclando el abono con biodigestores para producir el gas para cocinar y efluente para el biofertilizante
- ✓ Una reducción de la carga de trabajo física especialmente de las mujeres y los niños.
- ✓ Una reducción de la presión en los recursos naturales como leña y carbón vegetal, con mucha humedad en la zona.
- ✓ Todo esto haciendo uso de los residuos que causaría de otra manera la contaminación, especialmente en áreas urbanas.
- ✓ Coadyuvando a la salud de la población beneficiaria con la instalación de letrinas ecológicas conectadas a los sistemas de biodigestión.
- ✓ Mejorando la eficiencia energética de las cocinas tradicionales denominadas Q'onchas (en Valles), y Kíris (altiplano) respetando el tradicional uso de esta forma de cocinar, sobre todo en área rural.

La utilización de los biodigestores y letrinas conectadas en serie además de permitir la producción de biogás ofrece enormes ventajas para la transformación de desechos:

- Mejora la capacidad fertilizante del estiércol. Todos los nutrientes tales como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio así como los elementos

menores son conservados en el efluente. En el caso del nitrógeno, buena parte del mismo, presente en el estiércol en forma de macromoléculas es convertido a formas más simples como amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), las cuales pueden ser aprovechadas directamente por la planta. Debe notarse que en los casos en que el estiércol es secado al medio ambiente, se pierde alrededor de un 50% del nitrógeno.

- El efluente es mucho menos oloroso, peligroso y contaminante que el afluente, siendo aun mucho mas rentable económicamente, hablando el efluente al entrar en un mercado de productos orgánicos, que es la visión de sostenibilidad económica de estos sistemas.
- Control de patógenos. Aunque el nivel de destrucción de patógenos variará de acuerdo a factores como temperatura y tiempo de retención, se ha demostrado experimentalmente que alrededor del 85% de los patógenos no sobreviven el proceso de biodigestión.



### **Producción de Biofertilizantes, producto de la biodigestión anaerobia.**

TECNOLOGIAS EN DESARROLLO esta impulsando la utilización de biodigestores plásticos tubulares de flujo continuo, para la generación de biogás a partir del estiércol de los animales de granja, principalmente porcinos y bovinos. Se han utilizado diferentes tamaños de biodigestores, divididos en dos grupos denominados familiar e industrial respectivamente. La longitud de los biodigestores se establece de acuerdo a las necesidades de cada explotación pecuaria.

Los biodigestores están Diseñados para ser de bajo costo, tanto en su instalación como en sus materiales y repuestos, ya que va dirigido a comunidades rurales que carecen de medios económicos. Son materiales que pueden ser encontrados en cualquier comercio especializado de las principales ciudades de Bolivia.

**- Polietileno tubular plástico y material para el transporte.** El material se puede encontrar localmente, de manera que se puede contar con una ventaja comparativa sobre la construcción de biodigestores de bajo costo con materiales extranjeros. El material que necesitamos para la conducción del gas, así como los tubos plásticos de entrada y salida del biodigestor son materiales corrientes en la construcción, razón por la cual son accesibles de conseguir en Cochabamba, tanto en el área urbana como rural.

### **Letrinas-Duchas**

Se pretende realizar construcciones simples en base a bloques de ladrillo y cemento, en el mejor de los casos, o de bloques de barro mejorado, en aquellos donde no exista la posibilidad. También cuenta con inodoros, puertas y tanques de acumulación de agua, los desechos humanos generados en el sistema serán tratados en el sistema de biodigestión.

### **Colectores solares.**

Se esta investigando y se ha logrado generar un equipo que permite calentar el agua para la ducha a 60 °C, permitiendo con esta tecnología dotar de agua caliente para la ducha en sectores donde no existe este beneficio, y contando con un sistema altamente eficiente y económicamente bajo, de tal manera que se cuenta con un colector solar especialmente para altiplano que logra mantener el agua caliente durante el día a temperaturas bajas, pudiendo los beneficiarios bañarse a partir del medio día hora en la cual ya se tiene el calor acumulado para dicha actividad.

El diseño es simple y con el proyecto se plantea poner en práctica y uso esta tecnología en viviendas, las cuales se denominaran “VIVIENDAS RURALES AUTOENERGETICAS”, pues contarán con el sistema de biodigestión, letrina-ducha y un sistema termogenerador (colector solar), esta vivienda será autosuficiente y

autoeficiente porque abastecerá de energía para usos eléctricos y para cocción de alimentos

Nuestro trabajo esta enmarcado en la difusión, investigación y mejoramiento de tecnologías apropiadas, caracterizadas por criterios como su pequeña escala, por el uso máximo de materiales locales y de fuentes de energías descentralizadas y renovables, por su facilidad de manejo y mantenimiento, o por requerir una baja inversión de capital.

Desde esta perspectiva, las tecnologías aplicadas al desarrollo rural desde nuestra institución son ambientalmente sanas, socialmente justas, económicamente viables y culturalmente aceptables.

Es en ese sentido actualmente TECNOLOGIAS EN DESARROLLO esta trabajando en el uso de la biomasa como fuente energética a través de sistemas de Biodigestión anaerobia de bajo costo.

La base de trabajo inicial ha constituido el tema del Desarrollo rural/urbano y enfocados en la temática Ambiental-energética, considerando que la energía se constituye en un elemento clave para lograr el desarrollo sostenible de todos los sectores. TECNOLOGIAS EN DESARROLLO, desde una perspectiva amplia, solidaria y activa, busca promover un mayor y más racional uso de la energía y el medio ambiente en Bolivia, a través de la diversificación de fuentes de suministro y su aprovechamiento eficiente, contribuyendo de esta manera a la conservación del medio ambiente, y uso de tecnologías apropiadas.

La institución, principalmente, presta asistencia técnica que posibilite a los grupos meta mejorar sus condiciones de vida iniciales y satisfacer sus necesidades básicas, incrementar el nivel de vida y apoyar la producción, promoviendo la difusión de tecnologías apropiadas en calidad y eficiencia.

El grupo meta de TECNOLOGIAS EN DESARROLLO, lo constituyen:

- las familias campesinas con demandas insatisfechas en términos de servicios básicos, energía y condiciones inadecuadas para su productividad; y manejo de residuos (medio ambiente).
- la población rural y urbano marginal que puede beneficiarse de tecnologías apropiadas, al hacer un uso racional de la misma y maximizar el uso eficiente de recursos locales.



El trabajo con los grupos meta, se coordina con los Municipios y sindicatos, buscando una participación activa de estos niveles institucionales, y buscando que en el desarrollo de los diferentes proyectos se guarde coherencia con las políticas de desarrollo nacionales, regionales y municipales.

### **Replicabilidad del programa en Bolivia**

El proyecto ha generado la instalación de Biodigestores de bajo costo de tecnología intermedia, de manera pionera en Bolivia y en condiciones de valle, altiplano y trópico es en ese sentido que los resultados de este proyecto nos da la posibilidad de poder extrapolar los resultados obtenidos de la difusión y replica de esta tecnología, los resultados hasta ahora logrados por el proyecto son satisfactorios, actualmente se tiene instalados sistemas en diferentes ecoregiones.

El uso de nuevas tecnologías que logren mejorar la calidad de vida de la población rural ha sido siempre el fin de casi todas las instituciones de desarrollo, ahora nosotros podemos afirmar que es hora que logremos la aplicación de nuestra tecnología (Biodigestores y letrinas- duchas), adaptada a Bolivia y que sea para toda la nación, es así que vemos con muy buen agrado el poder difundir este esfuerzo logrado por TECNOLOGÍAS EN DESARROLLO en las tres ecorregiones características de Bolivia, altiplano (4000msnm), Valles (2500msnm) y trópico (500msnm).

El proyecto plantea el manejo adecuado de los residuos humanos y animales, por medio de acciones sostenibles y acordes al equilibrio ecológico mejorara la calidad de vida de la población en la zona del proyecto. Los biodigestores contribuirán de manera considerable a mejorar las explotaciones en pequeña escala, facilitando el control de la contaminación y añadiendo el mismo tiempo valor agregado a la excreta del ganado y humano, mediante la producción de Biogás y la mejora del valor como nutriente del efluente utilizado como fertilizante. El biodigestor de película tubular de polietileno despierta atractivo entre la población rural debido al bajo costo de la instalación y la producción de gas. Se puede aplicar en zonas tanto rurales como urbanas.

El éxito logrado hasta el momento en la adopción de esta tecnología y los resultados conseguidos que dependen de factores como el lugar (disponibilidad de combustible

tradicional- estiércol) y la manera de introducir y modificar la tecnología a fin de adaptarla a las condiciones locales. La tecnología se ha probado suficientemente para justificar su introducción en gran escala en Bolivia. La decidida participación de los agricultores, en los proyectos anteriores nos muestra la replicabilidad para que esta tecnología pueda seguir evolucionando y mejorando. Dentro las ecorregiones que el proyecto pretende alcanzar, las comunidades Bolivianas a las que se quiere llegar están catalogadas de extrema pobreza llegando a un margen de pobreza promedio de 90% (censo nacional, 2002). Y no cuentan con servicios básicos, y los sistemas de energía son precarios

Ing. MSc. Oliver Campero Rivero

Director Ejecutivo TECNOLOGIAS EN DESARROLLO

Dirección: Av.Oquendo Edif. Santa Maria

Casilla: 3094 Email: [tecnologiadesarrollo@lycos.com](mailto:tecnologiadesarrollo@lycos.com) [www.tecnologiadesarrollo.tk](http://www.tecnologiadesarrollo.tk)

Telf./fax 591-4-4298635, /70721659, / 4531103- Cochabamba, Bolivia