

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA



TESIS DE GRADO

ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DURANTE
LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA VEGETAL UTILIZADAS EN COCINAS DE ALTA
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL MUNICIPIO DE TOMAVE DEL
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ.

Postulante: Victor Hugo Mamani Sullcata

La Paz – Bolivia

2013

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

ESTIMACIÓN DE LA EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO DURANTE
LA COMBUSTIÓN DE BIOMASA VEGETAL UTILIZADAS EN COCINAS DE ALTA
EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL MUNICIPIO DE TOMAVE DEL
DEPARTAMENTO DE POTOSÍ.

*Tesis de Grado Presentado como requisito parcial para
optar al Título de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.*

Postulante: Victor Hugo Mamani Sulcata

Asesores:

Ph.D. Ing. David Cruz Choque
Ing. Luis Asturizaga Aruquipa

Tribunal Examinador:

M.Sc. Ing. Ramiro Mendoza Nogales
Ing. Fernando Manzaneda Delgado
M.Sc.Ing. Jorge Cusicanqui Giles

Presidente Tribunal Examinador:

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a mis padres Arq. Néstor Mamani y H. Hilda Sulcata, quienes me dieron la vida, y guiaron mis primeros pasos, enseñándome a superar todo obstáculo de la vida con honestidad, y apoyándome para que pueda lograr este objetivo.

A esta gran casa de estudios que es la Universidad Mayor de San Andrés – UMSA, que me acogió en sus aulas de la Carrera de Ingeniería Agronómica durante 5 años de mi vida.

También quiero agradecer de manera particular, a las personas que me apoyaron para poder culminar mis estudios y este trabajo de investigación:

A los Asesores Ph.D. David Cruz Ch. e Ing. Luis Asturizaga A., quienes iluminaron el camino para que pueda culminar este trabajo,

A los revisores, Ing. Ramiro Mendoza N., Ing. Fernando Manzaneda y M.Sc. Jorge Cusicanqui G., por el tiempo prestado y su colaboración, para finalizar con éxito la tesis de grado,

Al Ph.D. Rene Chipana R. por ser un guía y ejemplo de perseverancia.

Al Ing. Oscar Zuñiga, por su apoyo y su enseñanza, al iniciar la carrera.

Y un agradecimiento especial a todos mis compañeros de los diferentes semestres, con quienes llegamos a tener una gran amistad, y colaboración mutua en los buenos y malos momentos.

Arado, Pico y Semilla....

¡¡¡Adelante Agronomía.....!!!!

Ciencia Producción y Tecnología....

¡¡¡Adelante Ingeniería.....!!!!

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro a mis Padres, por el amor que me dieron en todo momento de mi vida; a mis Herman@s: Lic. Magaly Maritza quien me enseñó a ser positivo, Ing. Marco Antonio quien me enseñó a superar los miedos, Arq. Alejandro Néstor quien me enseñó la responsabilidad, Mónica Rosario quien con su alegría me enseñó a mostrar el buen humor en malos momentos, y en especial a mi hermanito Cesar Augusto (+) que siempre me acompaña.

Este paso tan importante en mi vida, la doy a lado de mis dos amores, mi esposa Julieta y mi pequeñín Matías Nicolás, quienes formamos una gran familia, y que juntos seguiremos adelante conquistando más triunfos, y compartiendo alegrías.

Y dedicar este trabajo a mi abuelito Sr. Fermín Mamani Chipana, y a mi abuelito que me cuida desde el cielo Prof. Ángel Sulcata Aguilar.

Y aquel que está leyendo este trabajo, decirle que día que pasa, es día que te acercas más a tu meta, solo pon un poco más de esfuerzo.

Jesús es mi pastor, nada me faltara.

RESUMEN

La constante quema de biomasa para la obtención de energía, ha generado la emisión progresiva de gases de efecto invernadero como son el CO₂, CH₄ y NO₃. Esta energía que se genera, es utilizada principalmente para la cocción de alimentos y calentamiento de agua, esta actividad es realizada en precarias construcciones de arena y arcilla mal diseñadas y construidas, conocidas como K'onchas (fogones familiares) las mismas que al margen de cumplir el objetivo de generación de energía, son responsables de la quema de grandes volúmenes de biomasa (leña, guano, y otros), que emiten gases de efecto invernadero que no solo contamina el medio sino que genera problemas respiratorios en la población, y contamina los alimentos elaborados, mezclándose los mismos con hollín y polvo de ceniza.

El presente trabajo de investigación, estima la emisión de gases de efecto invernadero durante la combustión de dos especies de biomasa vegetal, utilizadas en cocinas de alta eficiencia energética, en la comunidad de Viluyo, municipio de Tomave, provincia Quijarro del departamento de Potosí.

Se pudo determinar que la emisión de gases de efecto invernadero, durante la combustión de dos especies de biomasa vegetal, como son la Queñua (*Polylepis sp.*) y la Thola (*Baccharis sp.*), en la cocina Lorena es de 29,5% menos que en la cocina K'oncha, teniéndose una baja en la deforestación en estas especies, así también se tiene una reducción en la generación de gases de efecto invernadero, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

Podemos concluir que la cocina Lorena aparte de ser una tecnología de ahorro de leña, es también beneficiosa para la salud de la población, ya que la misma evita la acumulación de humo y hollín, en los ambientes donde las familias preparan su alimento y comen.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Objetivo general.....	5
1.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Hipótesis.....	5
2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.	6
2.1. Estimación de Gases de Efecto Invernadero.....	7
2.1.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI)	7
2.1.2. Formas de medir los GEI.....	15
2.2. Causas del Cambio Climático.....	15
2.3. Combustibles de biomasa vegetal	18
2.3.1. Bosques Naturales Andinos de Bolivia	19
2.3.2. Biomasa vegetal Queñua	21
2.3.3. Biomasa vegetal Thola	25
2.4. Cocinas de Alta Eficiencia Energética	26
2.4.1. Cocina Rustica K'oncha	28
2.4.2. Cocina Mejorada Lorena	29
2.5. Emisión de GEI en cocinas de alta eficiencia energética	34
2.6. Consumo de biomasa vegetal para la combustión energética	35
2.7. Emisión de GEI durante la combustión de biomasa vegetal en cocinas de alta eficiencia energética	37
2.8. Servicios Ambientales	39
2.8.1. El carbono en los ecosistemas forestales	39
2.8.2. Los bosques como reservorio de carbono.....	40
2.9. Consecuencias del efecto invernadero.....	41
3. LOCALIZACIÓN.	43
3.1. Ubicación geográfica.	43
3.2. Características ecológicas.....	45

3.2.1. Clima	45
3.2.2. Hidrología.	46
3.2.3. Fisiografía y Geomorfología	46
3.2.4. Vegetación.....	47
3.2.5. Fauna	49
3.2.6. Características culturales y socioeconómicas	51
4. MATERIALES Y MÉTODOS	54
4.1. Descripción de las cocinas de alta eficiencia energética	54
4.1.1. Cocina K'oncha	54
4.1.2. Cocina Lorena	55
4.2. Descripción de la biomasa vegetal	56
4.2.1. Material vegetal Queñua.....	57
4.2.2. Material vegetal Thola	58
4.3. Información Obtenida de los Registros (Cuantificación de GEI)	59
4.3.1. Variables evaluadas	60
4.4. Materiales de apoyo	63
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	64
5.1. Promedios Generales del Consumo de Dos Especies de Biomasa Vegetal	64
5.2. Consumo de Biomasa Vegetal en Dos Cocinas Rusticas de Alta Eficiencia Energética	69
5.3. Emisión de Gases de Efecto Invernadero en Dos Cocinas Rusticas de Alta Eficiencia Energética	76
5.4. Identificación de Impactos Ambientales.....	80
6. CONCLUSIONES	88
7. RECOMENDACIONES	91
8. BIBLIOGRAFÍA	92
ANEXOS	95

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Factores regulatorios de efecto invernadero.....	10
Cuadro 2: Características de los GEI.....	17
Cuadro 3: Microcuencas donde se encuentra Viluyo dentro el municipio.....	46
Cuadro 4: Unidades de vegetación donde se encuentran las especies en estudio.....	49
Cuadro 5: Tenencia de animales por familia en Viluyo.....	51
Cuadro 6: Promedios generales de peso útil de la biomasa vegetal Thola.....	64
Cuadro 7: Promedios generales de peso útil de biomasa vegetal Queñua.....	66
Cuadro 8: Combustión de biomasa vegetal en cocinas de alta eficiencia energética..	69
Cuadro 9: Consumo de biomasa vegetal como leña por Familia K´oncha vrs. Lorena.	71
Cuadro 10: Tiempo de Combustión de Biomasa Vegetal en Relación a la Temperatura de las Hornallas.....	73
Cuadro 11: Combustión de biomasa vegetal en cocinas de alta eficiencia energética Viluyo / Año.....	75
Cuadro 12: Emisión de GEI en cocinas de alta eficiencia energética – Familia/Año...	76
Cuadro 13: Emisión de GEI en cocinas de alta eficiencia energética en la comunidad de Viluyo al Año.....	78
Cuadro 14: Identificación de componentes ambientales susceptibles de recibir Impactos Ambientales.....	81
Cuadro 15: Matriz de impactos potenciales por componente ambiental.....	82
Cuadro 16: Matriz de valoración y calificación de impactos ambientales en el cantón de Viluyo.....	85

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1: Concentración de GEI primarios.....	8
Grafico 2: Equivalencia de CO2 emitido por porcentaje.....	38
Grafico 3: Emisiones de GEI diferentes al CO2 por consumo de leña.....	38
Grafico 4: Comparación de la combustión de leña de Thola en dos cocinas de Alta Eficiencia Energética (gr).....	65
Grafico 5: Comparación de la combustión de leña de Queñua en dos cocinas de Alta Eficiencia Energética (gr).....	67
Grafico 6: Combustión de biomasa vegetal en dos cocinas rusticas.....	70
Grafico 7: Combustión de biomasa vegetal en cocinas de alta eficiencia Energética (Familia / Año).....	72
Grafico 8: Combustión de biomasa vegetal en relación a la temperatura de las hornallas.....	74
Grafico 9: Emisión de GEI (KgCO2) en dos cocinas rusticas (familia/año).....	77
Grafico 10: Emisión de GEI (TnCO2) en dos cocinas rusticas (Viluyo/año).....	79
Grafico 11: Diagrama de redes de impactos ambientales negativos debido a la extracción y uso de la leña en el cantón de Viluyo	84

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1: <i>Polylepis</i> sp.....	22
Imagen 2: Vegetación de Bolivia.....	24
Imagen 3: <i>Baccharis</i> sp.....	25
Imagen 4: Cocina CEL-4.....	27
Imagen 5: Cocina K´oncha.....	28
Imagen 6: Materiales para barro de la cocina Lorena.....	29
Imagen 7: Barro macerado para la construcción de la cocina Lorena.....	30
Imagen 8: Dimensiones de la plataforma para la construcción.....	31
Imagen 9: Plataforma marcada para la monta del barro.....	31
Imagen 10: Barro montado y moldeado sobre plataforma.....	32
Imagen 11: Cocina Lorena terminada.....	33
Imagen 12: Prueba de la Cocina Lorena.....	33
Imagen 13: Cocina que beneficia a la salud y reduce emisiones GEI.....	36
Imagen 14: Mapa ubicación comunidad de Viluyo del Municipio de Tomave.....	43
Imagen 15: Tesista en la zona de estudio.....	47
Imagen 16: Llama doméstica en Viluyo.....	50
Imagen 17: Vestimenta tradicional Yureña, comunidad Viluyo.....	52
Imagen 18: Firma del Convenio del proyecto en Viluyo.....	53
Imagen 19: Cocina K´oncha a prueba.....	55
Imagen 20: Cocina Lorena a prueba.....	56
Imagen 21: Inspeccion de la zona de trabajo - Viluyo.....	56
Imagen 22: Queñua en serranías de Viluyo.....	57
Imagen 23: Thola en serranías de Viluyo.....	58
Imagen 24: Combustión de biomasa en cocina K´oncha.....	60
Imagen 25: Combustión de biomasa en cocina Lorena.....	61
Imagen 26: Emisión de GEI al ambiente.....	62

1. INTRODUCCIÓN.

Para las poblaciones más pobres de Bolivia la leña como fuente primaria de energía representa una fracción muy importante de todas las necesidades energéticas de la población; y su escasez es cubierta en muchos casos por el uso de la bosta y la yareta dependiendo de la región. La población de las zonas rurales interandinas y alto andinas del Occidente, en su gran mayoría usa biomasa (leña, bosta, yareta) como fuente primaria de energía, en aplicaciones domésticas y artesanales como la preparación de sus alimentos, el teñido de lana y la producción de carbón vegetal. Sus fuentes de extracción son los bosques ubicados lejos de las viviendas y en otros cercanos a sus campos agrícolas o pastizales. Además, en algunos lugares existe un mercado comercial, aunque informal, de leña, que constituye una fuente importante de ingresos para familias rurales.

Las cocinas o estufas usadas para la cocción son tradicionales, estas son fijas y a veces tienen una chimenea. Algunas familias hacen su propia estufa de materiales locales; otras buscan el servicio de un artesano quien construya cocinas. Según Torres et.al. (2012), "Generalmente estas cocinas rusticas, son simples y de baja eficiencia, pues presentan pérdidas normales entre 80% y 95% de energía". Aunque los usuarios tratan de mejorar las estufas, por lo general carecen de los recursos financieros y técnicos para hacerlo adecuadamente. Estas prácticas cotidianas que tienen por finalidad satisfacer necesidades vitales de la población, y que son generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), pueden estar causando algunos impactos que son necesarios valorarlos y cuantificarlos para determinar si, a pesar de la dispersión de las fuentes puntuales, son lo suficientemente considerables para provocar cambios adversos en el ambiente desde el punto de vista local y global.

Según el MMAyA/VMAByCC (2010), las primeras decisiones en torno a la influencia de las acciones humanas en la evolución del clima se adoptaron durante los años setenta, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano. Tras mucho tiempo de investigación los resultados de numerosos estudios muestran evidencia fehaciente de que las actividades humanas están cambiando el clima del planeta, por la forma acelerada en que se incrementa la proporción de Dióxido de

Carbono (CO₂) en la atmosfera, el consecuente “efecto invernadero” y los cambios de temperatura que alteran todas las formas de vida del planeta.

Consecuentemente, queda clara la necesidad de tomar medidas inmediatas, como la mencionan en los principios del artículo 3 de la Convención Marco sobre Cambio Climático:

“Se deben tomar medidas de precaución para prever, prevenir o reducir al mínimo las causas del Cambio Climático y mitigar sus efectos adversos y no debería utilizarse la falta de total certidumbre científica como razón para posponer tales medidas,...”, MMAyA/VMAByCC (2010).

Por ejemplo en el caso de los departamentos del altiplano (Potosí, La Paz y Oruro) se identifican como fenómenos climatológicos extremos las sequias, las heladas y las inundaciones que repercuten en la pérdida de biodiversidad, baja producción agrícola, alteraciones del régimen hídrico ya la población; a través de los problemas en la salud, las nuevas enfermedades y la inseguridad alimentaria.

Estas medidas derivan en la necesidad de modificar actitudes y comportamientos a través de apropiación de tecnologías que nos ayuden a mitigar las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, los que causan los cambios climáticos.

El cambio climático es un fenómeno científicamente comprobado y sus consecuencias están afectando las actividades humanas a nivel mundial en diferentes formas, cuyas repercusiones se observan en la actualidad, particularmente en un país en desarrollo como Bolivia, debido a que se combinan la fragilidad de los ecosistemas con una economía vulnerable, que puede generar impactos ambientales, sociales y económicos a los cuales el país en su conjunto, y las zonas más pobres no están en condiciones de afrontarlos con éxito.

Pese a ello, la producción y el consumo de energía han crecido de manera paralela al PIB y a partir de 1993 el consumo de energía está por debajo de los niveles de crecimiento del PIB lo que implica mejora en los niveles de eficiencia en el uso de

energéticos y además se observa una tendencia de mayor crecimiento como consecuencia de la reactivación económica del país, PNCC (2001).

Entre las energías primarias reviste importancia la biomasa, conformada por la leña, el estiércol animal y el bagazo, alcanzando en 1990 su producción a 5,693.3 miles de BEP.

Poco menos de la mitad de la población de Bolivia vive en el sector rural y, en general, no están en condiciones de cubrir sus necesidades energéticas mediante los portadores de energía comerciales y convencionales, pues estos recursos no están disponibles en unos casos y en otros casos son inaccesibles económicamente.

En este sentido, gran parte de los pobladores dependen de fuentes energéticas tradicionales como la leña, residuos animales y vegetales, energía muscular y animal, generando una carga ambiental importante, ya que la fuente de energía, principalmente en este contexto, sigue siendo la leña (3,402.3 kBEP – 19.86% del consumo energético nacional en 1990) y su disponibilidad ya constata una seria deficiencia en algunos sectores del país, calculándose que los recursos forestales se deterioran a un ritmo más de 300.000 ha/año, atribuido a la expansión de la frontera agrícola en el oriente del país por grandes agroindustrias, y a la explotación selectiva de especies con alto valor comercial, mientras que la deforestación con propósitos energéticos (leña y carbón) reduce entre un 10% y 15% esta superficie, PNCC (2003).

Los restantes componentes de la biomasa utilizadas con propósitos energéticos son el estiércol animal (902 kBEP – 5.68% del consumo en 1990), el bagazo y los residuos de vegetales (1,057.2 kBEP – 6.66% del consumo en 1990). En ese sentido, la constante quema de biomasa para la obtención de energía, ha generado la emisión progresiva de gases de efecto invernadero como son: CO₂, CH₄ y NO₃., PNCC (2003).

El consumo de biomasa vegetal como recurso energético para el uso cotidiano en las familias bolivianas, en especial en el área rural, es construida con suelos arcillosos, arenosos y materiales del lugar, el mismo que a su vez es mal diseñada y son conocidas como K´onchitas o Fogones familiares, las mismas que al margen de cumplir el objetivo de generación de energía, son responsables de la quema de grandes volúmenes de biomasa (leña, guano, y otros), que emiten gases de efecto invernadero que no solo

contamina el medio sino que genera problemas respiratorios en la población y contamina los alimentos elaborados por la mezcla de los mismos con hollín y polvo de ceniza.

Debido a este problema, en Bolivia, con carácter piloto, se han realizado exitosamente proyectos de disminución de Gases de Efecto Invernadero (GEI), en este sentido el MDSyMA/PNCC (1997), considera que se lograría reducir la intensidad de uso de biomasa en un 10% en el año 2012, 14% en el 2020 y el 28% en el 2030, que corresponde a un ritmo de introducción de cocinas mejoradas en el total de hogares equivalente al 24% de usuarios el 2012, 40% de usuarios el 2020 y 80% de usuarios el 2030.

Las cocinas mejoradas llamadas también Lorena, son estructuras a base de suelo arcilloso, arena, paja, estiércol animal entre otros, las cuales se consideran que aumentan la eficiencia energética con respecto a la utilización de leña, estiércol animal y residuos vegetales, que son utilizadas principalmente para cocción de alimentos y calentamiento de agua.

La principal Biomasa vegetal utilizada en el Municipio de Tomave - Potosi, como fuente energética para la cocción de alimentos son la Sacha Thola (*Baccharis sp.*) y la Queñua (*Polylepis sp.*), las cuales existen en gran parte del territorio municipal, y en especial en la comunidad de Viluyo, mismas que son plantas nativas del lugar, que actualmente son utilizadas como fuente de energía para la cocción de alimentos por las familias.

Estas especies leñosas, están siendo consumidas de tal forma que estas plantas están retrocediendo poco a poco de los lugares donde crecen las mismas.

1.1. Objetivo general

Estimar la emisión de gases de efecto invernadero durante la combustión de biomasa vegetal utilizadas en cocinas de alta eficiencia energética, en la comunidad de Viluyo, municipio de Tomave, provincia Quijarro del departamento de Potosí.

1.2. Objetivos específicos

- Evaluar la emisión de gases de efecto invernadero en dos cocinas rústicas de alta eficiencia energéticas, cocinas K´oncha (fogón) y cocinas Lorena (mejoradas).
- Determinar el consumo de biomasa vegetal durante la combustión en dos especies de biomasa vegetal Queñua (*Polylepis sp.*) y Thola (*Baccharis sp.*).
- Evaluar la emisión de gases de efecto invernadero durante la combustión de dos especies de biomasa vegetal Queñua (*Polylepis sp.*) y Thola (*Baccharis sp.*), utilizadas en cocinas de alta eficiencia energética, cocinas K´oncha (fogón) y cocinas Lorena (mejoradas).

1.3. Hipótesis

No existe diferencia significativa en la emisión de gases de efecto invernadero en las dos cocinas rústicas de alta eficiencia energéticas, cocinas Conchita (fogón) y cocinas Lorena (mejoradas).

El consumo de biomasa vegetal durante la combustión en dos especies de biomasa vegetal Queñua (*Polylepis sp.*) y Thola (*Baccharis sp.*) es similar.

No existe diferencia en la emisión de gases de efecto invernadero durante la combustión de dos especies de biomasa vegetal Queñua (*Polylepis sp.*) y Thola (*Baccharis sp.*), utilizadas en cocinas de alta eficiencia energética, cocinas Conchita (fogón) y cocinas Lorena (mejoradas).

2. REVISION BIBLIOGRÁFICA.

En cuanto al concepto de Cambio Climático, es considerado como uno de los problemas más graves por sus repercusiones sobre el medio ambiente, por poner en riesgo la sostenibilidad regional y por afectar imprevisiblemente las economías globales, nacionales y locales. Consecuentemente los efectos negativos del Cambio Climático vienen produciendo una profunda preocupación en la comunidad internacional, MMAyA/VMAByCC (2010).

El Cambio Climático o cambio de clima, es atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmosfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. El Cambio Climático puede ser efecto de procesos naturales internos o de cambios del forzamiento externo, o bien de cambios producidos por el hombre, en la composición de la atmosfera o en el uso de las tierras, ONU (1992).

Según el MMAyA/VMAByCC (2010), este incremento exagerado en la temperatura se ha establecido como el “Efecto Invernadero” producido por el incremento de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmosfera. El Efecto Invernadero se refiere al rol que desempeña la atmosfera en el calentamiento de la superficie terrestre, siendo prácticamente transparente a la radiación solar de onda corta absorbida por la superficie de la tierra, gran parte de esta radiación es refractada hacia el espacio exterior con una longitud de onda correspondientes a los rayos infrarojos, la cual es reflejada de vuelta por los Gases de Efecto Invernadero (GEI), como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O), los clorofluorocarbonos (CFC_5) y el ozono (O_3) que están presentes en la atmosfera.

El ser humano en busca de su satisfacción, progreso y una calidad de vida mayor construye y fabrica grandes cantidades de bienes, la fabricación de estos bienes, implica el uso, transformación y consumo de recursos naturales procesos que producen desechos y emisiones. De este modo, la actividad de desarrollo del hombre influye considerablemente sobre el equilibrio del ecosistema global e interviene en la alteración de las condiciones climáticas de la Tierra (ib.).

La atmosfera es el componente central, interactivo y completo del sistema medioambiental global, que genera las condiciones climáticas óptimas para el desarrollo de vida. El sistema climático considera todos los intercambios de energía y humedad producidos en la atmosfera terrestre y biosfera (ib.).

El clima es un fenómeno natural, dinámico y sistemático; así como, los cambios que se presentan a raíz de las interacciones entre el comportamiento del sol, los océanos, los hielos, la tierra y todos los seres vivos. Sin embargo, en el último siglo se ha dado un aumento excesivo en la producción de gases de efecto invernadero (GEI) lo que ha causado una aceleración del Cambio Climático (ib.).

La relación entre el Cambio Climático y la concentración de gases de efecto invernadero fue concebida por primera vez en 1824, por S.A. Arrhenius, Premio Nobel en Química, cuando llego a la conclusión de que duplicar la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmosfera producirá un calentamiento global medio entre 4°C y 6°C. Aunque, existen muchos factores que influyen negativamente sobre el cambio climático natural (ib.).

Con el paso de los años disciplinas como la climatología y la meteorología permitieron entender como las variaciones en las condiciones del clima, en una región dada, influyen en la biodiversidad aumentando o reduciendo las probabilidades de supervivencia de los individuos, las poblaciones y las comunidades en una región. Se utilizan estas disciplinas para relacionar el clima regional con la distribución de los organismos sobre el planeta.

2.1. Estimación de Gases de Efecto Invernadero

2.1.1. Gases de Efecto Invernadero (GEI)

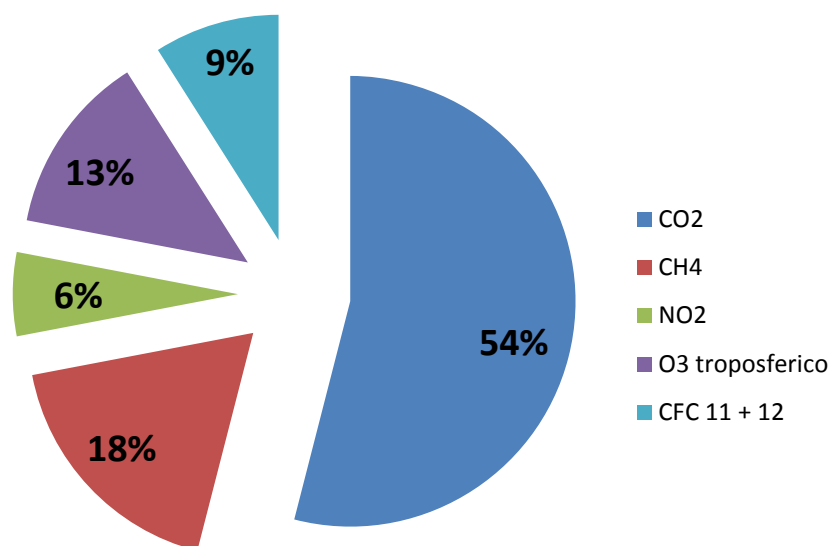
El movimiento del aire y el mar interactúan con la superficie del planeta gracias a la energía del Sol. La Tierra es solamente una pequeña cantidad de la energía emitida por el Sol. La luz solar no se utiliza directamente, sino en forma de calor, por lo tanto, es necesario que la atmosfera transforme la energía térmica de la radiación solar en energía mecánica del viento. La fuente de calor para la atmosfera es la superficie del

suelo calentada por la luz solar que luego es emitida como radiación infrarroja hacia el espacio.

Parte de la radiación terrestre es absorbida en la atmosfera por algunos gases, los llamamos GEI, que actúan como un manto que impide que la radiación terrestre escape al espacio y contribuyen a mantener el calor de la Tierra. Este fenómeno natural mantiene la temperatura dentro de límites que han permitido el desarrollo de la vida como la conocemos. Entre los GEI se puede distinguir los naturales o primarios y los artificiales o secundarios. Es decir, los que ya existían antes del desarrollo de las sociedades humanas y los que han sido fabricados por la industria humana.

Dentro de los gases primarios, el que más influye en el efecto invernadero es el vapor de agua; pero debido a que su presencia y variaciones en la atmosfera no responden básicamente a acciones del ser humano, lo dejaremos de lado a los efectos de un análisis más detallado del problema de Calentamiento Global. Después del vapor de agua, los gases naturales que mayor incidencia ejercen sobre el efecto invernadero son, por orden decreciente: Dióxido de Carbono (CO_2) luego el Metano (CH_4) y el Ozono (O_3), seguidos por el Monóxido de Carbono (CO), los Óxidos de Nitrógeno (NO_x), entre otros, MPD/PNCC(2006).

Grafico 1: Concentración de GEI primarios



Inzunza (2003), indica que, en épocas pasadas las variaciones en la cantidad de irradiación solar y en la composición de la atmosfera dieron lugar a condiciones ambientales muy diferentes a las actuales. Así, hace 100 millones de años, cuando existían los dinosaurios, la cantidad de CO₂ era de 4 a 8 veces mayor y la temperatura media 10°C o 15°C superior a la actual, mientras durante la última glaciación, hace 10000 años, la temperatura media bajo a 9°C o 10°C, en correspondencia con un contenido en CO₂ de unos 2/3 del que conocemos ahora,

Actualmente el proceso repetitivo, conocido como efecto invernadero natural marca la referencia de la temperatura media de la tierra. Aproximadamente 35°C se registra sobre la biosfera: 17°C de temperatura media en la superficie de la tierra y -20°C de temperatura media de la atmosfera (ib.). El fenómeno descrito anteriormente tiene una analogía con los invernaderos agrícolas, por los cual lleva el nombre de efecto invernadero.

En un invernadero agrícola, el vidrio deja entrar la radiación de onda corta del Sol para calentar los objetos adentro. Todos los objetos tienen la capacidad de emitir radiación en onda larga a la cual el vidrio retiene. De este modo, el calor queda atrapado dentro del invernadero, de igual manera, los gases de efecto invernadero provocan el calentamiento de las capas bajas de la atmosfera, MPD/PNCC (2006).

El balance de energía y la retención del calor en la atmosfera son controlados por una serie de factores establecidos en el cuadro 1, estos factores atmosféricos se mantienen por varios años siendo algunos bastante importantes para la regulación del clima global.

Cuadro 1: Factores regulatorios de efecto invernadero

Factores Extraterrestres	Duración típica
Actividad solar superficial	40 a 120 años
Irradiancia solar	100 años
Polvo entre la Tierra y el Sol	100000 años
Ciclos de Milankovich: Procesión, Excentricidad orbital, inclinación del eje terrestre y otros	Varia continuamente
Albedo Terrestre	
Vapores y polvos Volcánicos	1 a 4 años
Cobertura de nubes	Varia continuamente
Turbidez atmosférica	Varia continuamente
Gases de Invernadero Natural	9000 a 13000 años
Gases de Invernadero antropogénicos	250 años
Capacidad de absorción:	
Albedo de la Tierra, nieve, hielo	Largo plazo
Movimiento de placas tectónicas	Largo plazo
Corrientes oceánicas	Largo plazo

Fuente: IPCC (2005)

2.1.1.1. Vapor de Agua

El vapor de agua, es un gas que se obtiene por evaporación o ebullición del agua líquida o por sublimación del hielo. Es inodoro e incoloro y, a pesar de lo que pueda parecer, las nubes o la niebla blanca, no son vapor de agua líquida o cristales de hielo. La actividad existente de vapor de agua marca el nivel de humedad del ambiente; en ciertas condiciones, a alta concentración, parte de la humedad ambiente se condensa y se forma la niebla, o en concentraciones mayores las nubes.

Las nubes y el vapor de agua absorben la radiación de onda larga y ayudan a mantener la temperatura de la superficie terrestre. El proceso del reflejo de la luz solar responde a un efecto enfriador en el sistema climático; la radiación infrarroja, al ser atrapada por este gas, produce un efecto calentador del sistema climático.

Las nubes influyen en el equilibrio térmico de la tierra reflejando la luz solar (efecto enfriador) y atrapando la radiación infrarroja (efecto calentador). Sus reacciones ante el

calentamiento global siguen siendo una incógnita en los que se refiere a la determinación de la magnitud y distribución del cambio climático.

La cubierta de las nubes, en noches nubladas, absorbe radiación de onda larga irradiada por la tierra y la irradia hacia la superficie en la noche; sin embargo, en las noches con cielos despejados la radiación de onda larga de la tierra escapa al espacio, disminuyendo la temperatura nocturna. Durante los días nublados, las temperaturas máximas son menores a los días con cielo despejado, debido a que las nubes impiden el paso de la radiación solar directa. Por ejemplo, los desiertos son muy cálidos de día y muy fríos en la noche por causa del efecto descrito, Inzunza (2003).

2.1.1.2. Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono, también denominado bióxido de carbono, óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono. Este gas se libera a la atmósfera cuando se queman residuos sólidos, combustibles fósiles (derivados de petróleo, aceites, gas natural y otras), leña y productos de madera.

Existen otras fuentes de producción de CO₂, las naturales entre las cuales están, el proceso de la respiración de los seres vivos, la actividad volcánica y varios procesos naturales de los océanos. Las otras fuentes humanas comunes son la deforestación, que es responsable del 25% de las emisiones de CO₂ y la producción de cemento, responsable del 2%.

El CO₂, contribuye a que la tierra tenga una temperatura habitable, siempre y cuando se mantenga determinadas cantidades del gas. Al igual que el vapor de agua, este gas es un buen absorbedor de la radiación solar.

Sin CO₂, la Tierra sería un bloque de hielo como Marte. Por otro lado, un exceso impide la salida de calor al espacio y provoca un calentamiento excesivo del planeta; fenómeno conocido como efecto invernadero acentuado, MPD/PNCC (2006).

2.1.1.3. Metano (CH₄)

El metano, es el hidrocarburo alcano más sencillo. Cada uno de los átomos de hidrogeno está unida al carbono por medio de un enlace covalente. Es una sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro y apenas soluble en agua en su fase líquida. En la naturaleza se produce como producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas. Puede constituir hasta el 97% del gas natural. El denominado grisú de las minas de carbón, muy peligroso por sus características inflamables, es una concentración de gas metano. Las principales fuentes de metano son:

- Descomposición de los residuos orgánicos.
- Fuentes naturales: 23% (pantanos)
- Extracción de combustibles fósiles: 20% (gas natural).
- Procesos digestivos y defecación de animales: 17% (Especialmente del ganado).
- Las bacterias en plantaciones de arroz: 12%
- Combustión anaeróbica de la biomasa.

El metano, atrapa 21 veces más calor por molécula que el dióxido de carbono y el óxido nitroso absorbe 270 veces más calor por molécula que el dióxido de carbono. A menudo, los estimados de las emisiones de gases de efecto invernadero se presentan en unidades de millones de toneladas métricas de equivalentes de carbono, lo cual pesa a cada gas por su valor Potencial de Calentamiento Global (GWP), MPD/PNCC (2006).

2.1.1.4. Ozono (O₃)

El ozono, se compone de una molécula con tres átomos de oxígeno. A temperatura y presión ambientales el ozono es un gas de olor acre e incoloro, que en grandes concentraciones puede volverse azulado; su principal propiedad es que es un potente oxidante. Sin embargo desempeña un papel muy importante en la atmósfera, tanto a nivel estratosférico como troposférico.

En ambos casos su formación y destrucción son fenómenos fotoquímicos. Cuando el oxígeno del aire es sujeto a un pulso de alta energía, el doble enlace O=O del oxígeno

se rompe entregando dos átomos de oxígeno; los cuales luego se recombinan con los demás gases de la atmósfera. Estas moléculas recombinadas contienen tres átomos de oxígeno en vez de dos, lo que da origen al Ozono, MPD/PNCC (2006).

2.1.1.5. Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno, compuestos por nitrógeno y oxígeno, se forman en la combustión con exceso de oxígeno y altas temperaturas. El término óxido de nitrógeno puede referirse a cualquiera de los siguientes compuestos:

- Óxido nitroso u Óxido de nitrógeno (NO)
- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Óxido nitroso o Monóxido de di-nitrógeno (N₂O)
- Trióxido de di-nitrógeno (N₂O₃)
- Tetróxido de di-nitrógeno (N₂O₄)
- Pentóxido de di-nitrógeno (N₂O₅)

El monóxido de nitrógeno, es un gas a temperatura ambiente de olor dulce penetrante, fácilmente oxidable a dióxido de nitrógeno, Mientras que el dióxido de nitrógeno tiene un fuerte olor desagradable. El dióxido de nitrógeno es un líquido a temperatura ambiente, pero se transforma en un gas pardo-rojizo a temperaturas sobre los 21°C. Los óxidos de nitrógeno son liberados al aire por los procesos orgánicos de los desechos de los animales, mayormente están contenidos en el ácido nítrico y amoníaco y la nitrificación de compuestos orgánicos.

El N₂O, se forma también en condiciones anaeróbicas a partir de abonos minerales en el suelo. Es un importante gas de efecto invernadero con una permanencia media de 100 años en la atmósfera e influye sobre la capa de ozono; reduciendo el ozono a oxígeno molecular y liberando dos moléculas de monóxido de nitrógeno. Se libera durante las actividades agrícolas e industriales, así como durante la combustión de residuos sólidos y combustibles fósiles, MPD/PNCC (2006).

2.1.1.6. Gases de Efecto Invernadero Secundarios

Entre los GEI potentes que no se producen de forma natural están los Hidrofluorocarbonos (HFC_s), Perfluorocarbonos (PFC_s) y Hexafluoruro de azufre (SF₆), los cuales son generados en una variedad de procesos industriales. Cada gas del efecto invernadero se diferencia por su capacidad de absorber calor en la atmósfera. Los HFC_s y PFC_s son los que más calor absorben.

Un clorofluorocarburo o clorofluorocarbono (CFC o Halones), es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de cloro y flúor. Los clorofluorocarbonos (CFC'_s) se utilizan en los sistemas de refrigeración como propulsores, espumas y agentes extintores, de limpieza y propelentes para aerosoles. La fabricación y empleo de clorofluorocarburos fueron prohibidos por el protocolo de Montreal, debido a la influencia negativa sobre la capa de ozono, MPD/PNCC (2006).

2.1.1.7. Monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM)

El monóxido de carbono (CO) y los Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes al Metano (COVDM), son gases que se emiten en pequeñas cantidades durante la combustión incompleta. El impacto de estos gases a nivel global es indirecto, teniendo su incidencia como precursor del ozono troposférico. En ese contexto, contribuyen a la formación de ozono y alteran el tiempo de vida de otros gases de efecto invernadero en la Atmósfera.

En 1995 el sector agrícola, emitió alrededor de 55.03 Gg de CO; constituyendo el sub sector quema en el campo de los residuos agrícolas el 95.7%.

Las emisiones de monóxido de carbono estimadas por el cambio de uso de la tierra fueron 1,106.26 Gg como producto de la quema in-situ de bosques.

Las emisiones nacionales de COVDM para 1995 fueron de 83.51 Gg. El sector energía emitió 50.86 Gg con la mayor participación de los sub-sectores transporte terrestre y

domiciliario, el sector procesos industriales con 32.65 Gg especialmente en el proceso de bebida, CRID (1998).

2.1.2. Formas de medir los GEI

Según Torres et.al. (2012), Una de las formas de medir los GEI, es teniendo en cuenta a Dieter Seifert (1998), D-Neuoetting (2000) y Antonio Creus S. (2004) la combustión de un kilogramo de leña emite 1,83 kg de CO₂; esto se debe a que en la leña la mitad de su masa es carbón (C) y si la relación entre el peso molecular del CO₂ y el C es de 44/12 entonces; 1 kg leña produce: $0,5 (44/12 \text{ kg de CO}_2) = 1,83 \text{ kg de CO}_2$. La equivalencia entre el carbono y el CO₂ es:

$$\frac{\text{Peso molecular del CO}_2}{\text{Peso molecular del C}} = \frac{44(\text{CO}_2)}{12 \text{ C}}$$

Entonces si en cada kilogramo de leña el 50 % (composición química de la madera, M. Camps y F. Hernández, 2002, Mundi-Prensa) es carbono (C), entonces la razón será de $3,667 \times 0,5 = 1,83 \text{ Kg de CO}_2 / \text{kg de leña}$.

2.2. Causas del Cambio Climático

Nuestro planeta tierra ha sufrido, a lo largo de varios miles de años, diversos cambios en su clima, como los ciclos glaciares e interglaciares. La glaciación es un enfriamiento producido en la tierra, originado por veranos frescos e inviernos rigurosos; las glaciaciones están producidas por la unión de varios factores: Las variaciones orbitales de la tierra también conocida por ciclos de Milankivich, la atmosfera y la deriva continental.

Actualmente nos encontramos en el periodo entre glaciaciones o interglaciar llamado holoceno (o flandrian), por lo que un cambio en el clima podría ser natural en un lapso de tiempo de varios miles de años. Sin embargo, en los tiempos actuales, el cambio climático de la tierra se ha acelerado debido principalmente al incremento de la emisión de GEI a la atmosfera, que potencia el efecto invernadero natural y el aumento de la temperatura global del planeta.

El incremento de la emisión de GEI se ha acelerado desde los inicios de la revolución industrial (fines del siglo XVIII), en gran parte provocado por el desarrollo socioeconómico, el cambio tecnológico, la actividad industrial, el crecimiento demográfico y la deforestación. A partir de 1950, estos factores han catalizado la sobreproducción y concentración de emisiones de gases como el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N₂O) y vapor de agua (H₂O); principalmente conocidos como GEI.

A nivel nacional y mundial la principal fuente de emisión de GEI está relacionada con la quema de combustibles fósiles y biomasa. El CO₂ es el principal GEI emitido a la atmosfera y contribuye en un 54% al calentamiento global. Según el IPCC (2001), las emisiones globales de CO₂ para el año 1990 alcanzaban 7,1 GtC, de los cuales Bolivia aportaba 0,0275 GtC (0,0039%), PNCC (2001).

Durante la década del noventa, la concentración de CO₂ aumento a un ritmo de entre 0,9 a 2,8 μmol m⁻³ a⁻¹, IPCC (2001). Para el año 2000, las emisiones de CO₂ y su presencia en la atmosfera alcanzaban los 7,97 GtC, IPCC (2005). Ese mismo año, Bolivia emitía 0,0340 GtC (0.0043%) de las emisiones mundiales, PNCC (2001).

El cuadro 2, se identifica los principales GEI regulados por el Protocolo de Kyoto (PK), a excepción de los CFCs que se encuentran regulados por el Protocolo de Montreal en Sustancias Agotadoras del Ozono, promulgada en septiembre de 1987. En el mismo cuadro se identifica las principales fuentes antropogénicas de estos GEI, son sus respectivos tiempos de vida, Potenciales de Calentamiento Global (PGG o PWP) y el porcentaje de contribución a la composición de GEI en Bolivia para el año 2000.

Cuadro 2: Características de los GEI
(Adaptado de Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación)

Gas	Fuente Emisora	Tiempo de vida (año)	Potencial Calentamiento Global 1	Composición de los GEI en Bolivia para el año 2000 (---%--)
Dióxido de carbono (CO₂)	Uso de combustibles fósiles, deforestación, quema de suelos y biomasa, emisiones industriales	500	1	46.68
Metano (CH₄)	Cría de Ganado, descomposición de biomasa, cultivo de arrozales, escapes de gasolina, emisiones de gasolina, emisiones de minería, emisiones de rellenos sanitarios y tratamiento de aguas residuales	7 a 12	23	22.30
Oxido Nitroso (N₂O)	Uso de combustibles fósiles, actividad agrícola, deforestación y tratamiento de aguas residuales.	114 a 190	296	1.47
Clorofluorocarbonos (CFCs)	Refrigeración, uso de aire acondicionado, aerosoles, espumas plásticas	45 a 1700	4600 a 14000	NA
Hidrofluorocarbonos (HFCs)	Refrigeración y usos de espumas refrigerantes	1 a 260	1300	29.53
Hexafluoruro de azufre (SF₆)	Aislamiento y refrigeración de líneas de mediana y alta tensión, y en sistemas eléctricos cerrados y sellados	3200	22200	0.03
Perfluorocarbono (CF₄)	Refrigeración, aerosoles y extintores	50000	5700	NR
NA: No Aplica como gas regulado por el Protocolo de Kyoto (1997)				
NR: No se tiene Registros en Bolivia				

Fuente: IPCC (2001)

De acuerdo al PNCC, las actividades humanas que generan emisiones de GEI son muy variadas, pero se las pueda agrupar en diferentes actividades que se detallan a continuación:

- Actividades de producción de energía con combustibles fósiles.
- Actividades relacionadas con el cambio de uso de suelos, como el crecimiento demográfico, agricultura, deforestación y la silvicultura.

- Actividades del sector agropecuario propiamente dicho, con la emisión de gases a través de los procesos agrícolas (emisión de gases directa de los cultivos) y pecuarios (emisión directa por los procesos digestivos de ganado).
- Actividades de manufactura, como la industria del cemento, recuperación de algunos metales (hierro, acero y aluminio), refinerías, industria del papel y de algunos productos químicos (fuertemente consumidores de energía) y otras industrias como las de alimentos y bebidas, la textil, la automotriz, la de madera y sus productos, etc. (menos ávidas de energía).
- Procesamiento de desechos sólidos o líquidos, MPD/PNCC (2006).

2.3. Combustibles de biomasa vegetal

Torres et.al. (2012), cita a la FAO (1980), que define la biomasa como el conjunto de plantas terrestres y acuáticas, junto con sus derivados, subproductos y residuos producidos en su transformación. El “término biomasa comprende, pues, a las materias hidrocarbonadas, no fósiles, en las que mediante el proceso básico de la fotosíntesis, se ha producido la reducción y fijación del CO₂”, es una energía renovable, pues procede del sol.

La FAO también nos dice que la leña es “la madera en bruto (de troncos y ramas de los árboles) utilizada como combustible con fines tales como cocinar, calentarse o producir electricidad”, Torres et.al. (2012).

Los combustibles biomásicos son: la leña, el bagazo, el estiércol y el etanol.

El PNCC (2008), nos dice que unas tres cuartas partes de las emisiones antropógenas de CO₂ en la atmósfera durante los 20 años se deben a la quema de combustibles de origen fósil. El resto se debe principalmente a cambios en el uso de la tierra, especialmente la deforestación.

Las principales fuentes de energía en Bolivia son el diesel oíl, seguido por la leña, gasolina, gas natural, GLP, bagazo y por último la electricidad. La demanda de energía se concentra principalmente en los sectores industriales, transporte y residencial; el

restante porcentaje, en las actividades comerciales y el sector agropecuario, PNCC (2003).

Por otro lado, fuentes de energía primaria como la biomasa (leña, estiércol animal y bagazo) son importantes en la satisfacción energética en las zonas rurales del país; es decir, el 37,6 % de la población de Bolivia, INE (2002).

Según el PNCC (2001), el consumo de este tipo de combustibles es importante, generando 3393,44 Gg de CO₂ emitidos a la atmósfera, más del doble de las emisiones originadas por la generación de energía eléctrica. Cabe recalcar que las emisiones generadas por la quema de biomasa no se contabilizan dentro de las emisiones del sector energía.

El sector energía se disgrega en sub-sectores para facilitar la contabilización de las emisiones, estos subsectores son:

- Quema de combustibles fósiles y biomasa
- Generación de energía eléctrica
- Transporte
- Consumo energético en industrias
- Consumo energético residencial, comercial e institucional
- Consumo energético en la agricultura, silvicultura y pesca, y otros sectores, MPD/PNCC (2006).

2.3.1. Bosques Naturales Andinos de Bolivia

Comúnmente entendemos por bosque a un conjunto de árboles. Dentro de la concepción actual bosque no solamente son las plantas de ciclo vital leñoso sino se considera a los vegetales unicelulares musgos, líquenes, sotobosques, etc. pero también son los animales inferiores y superiores como parte viva y la parte no viva, al suelo, agua, aire, rocas, etc.

En si el bosque es un ecosistema formado por una parte biótica (componentes vivos) y la abiótica (componentes no vivos), pero el ser humano es una parte activa de ese bosque,

es el que maneja ese ecosistema, lamentablemente no siempre con fines benéficos sino depredadores.

En los andes existen diseminados sitios relictos de bosques naturales más o menos abiertos, representados generalmente por pequeños bosques o agrupaciones arbustivas, a lo largo del eje andino, desde Venezuela y Colombia hasta Bolivia y Chile o Argentina, pasando por Ecuador y Perú. Estos bosques se encuentran sobre las pendientes menos accesibles a la agricultura o sobre terrenos con características edafológicas, hidrológicas o climáticas favorables, AIF (1992).

Estos sitios están constituidas de especies arbustivas arborecentes tales como *Polylepis sp.*, *Podocarpus sp.*, *Gynoxis sp.*, *Oreopanax sp.*, *Alnus sp.*, o especies pequeñas arbustivas como *Bludleja sp.*, *Colletia sp.*, *Parastrephya sp.*, *Baccharis sp.*, etc., (ib.)

Ellos ofrecen siempre una diversidad florística muy importante, representan para las comunidades aledañas lugares privilegiados para la recolección de plantas medicinales y son igualmente una fuente de leña y artesanías, así como forraje para los periodos secos y fríos.

Según las últimas investigaciones, los andes conocieron una época de cobertura forestal, pero hace más o menos 2000 años la cordillera comenzó a perder su cobertura forestal. El golpe de gracia a estos bosques fue seguramente dado con la invasión española y las grandes necesidades de leña y madera de soporte para las minas.

Actualmente solo unos sitios relictos de esos bosques subsisten, así como agrupaciones arbustivas; y la presión sobre estos lugares es ejercida ya sea por los carboneros que venden su carbón en los centros urbanos, o por los agricultores a la búsqueda de tierras arables y de leña; o por los animales conducidos a estas tierras marginales en época de cultivo.

Los problemas Forestales y del Medio Ambiente del Altiplano boliviano son cada vez más grave con la pérdida de la cobertura vegetal, la erosión, caza furtiva y contaminación ambiental, comprometiendo la disponibilidad de los recursos forestales.

Por ejemplo, a la población rural del altiplano y valles les resulta cada vez más difícil y costoso el acceso a la madera. Pasa la mismo con la leña, obtenerla supone recorrer distancias cada vez más grande y destruir la vegetación existente. En muchas zonas del país la tala para leña, junto con prácticas de pastoreo poco racionales, ha llevado a un gran deterioro de suelos. El ganado y los cultivos requieren abrigo y el suelo precisa protección. Para satisfacer estas necesidades forestales y proteger al suelo contra las principales formas de erosión, es obvio que la principal tarea es la creación de una cobertura vegetal, que actualmente casi no existe.

Altiplano, valles, llanos: todas estas zonas están habitadas por campesinos pobres, cuyo medio ambiente y recursos forestales se están dañando rápidamente. Lo cierto es que se ha pensado muy poco en las condiciones concretas del medio ambiente como base para una agropecuaria sostenida y proyectos campesinos de vida, AIF (1992).

Según la AIF (1992), en el altiplano boliviano, la mayor biomasa vegetal forestal existente son las especies como:

Queñua o K'éñua	(<i>Polylepis sp</i>)
Kishuara	(<i>Buddleja sp</i>)
TholaoSuphu	(<i>Parastrephya sp</i>)
Thola o Ñaka	(<i>Baccharis sp</i>)

2.3.2. Biomasa vegetal Queñua

Polylepis es un género botánico que incluye pequeños árboles y arbustos, comúnmente llamados queñua o quewiña (del quechua qiwiña). Comprende aproximadamente 28 especies; nativas de los Andes Tropicales. El grupo se caracteriza por ser polinizado por el viento. *Polylepis* incluye plantas caracterizadas por poseer un tronco retorcido, aunque en algunas áreas algunos árboles pueden llegar a alcanzar 15-20 m de alto y troncos con 2 m de diámetro. El follaje es siempre verde, con pequeñas hojas densas y ramas muertas.

El nombre *Polylepis* deriva de dos palabras griegas, poly (muchas) y letis (láminas), refiriéndose a la corteza compuesta por múltiples láminas que se desprenden en delgadas capas. Este tipo de corteza es común en todas las especies del género. La

corteza es gruesa y cubre densamente el tronco, que protege el tronco contra bajas temperaturas e incendios. Algunas especies de *Polylepis* forman bosques que crecen a lo largo de la línea de árboles e incluso llegan a mayores elevaciones, rodeados por pastizales y arbustales. Algunos individuos de *Polylepis tarapacana*, crecen por encima de 5000 msnm, situando a *Polylepis* como el género con la distribución más alta de árboles angiospermos en el mundo.

Imagen 1: *Polylepis* sp.



Fuente: propia (2008)

El género *Polylepis* es taxonómicamente muy complejo. Este incluye más de veinte especies distribuidas a lo largo de los Andes. Se encuentra dentro de la familia Rosaceae, la cual incluye a las rosas. El grupo se encuentra dentro de la tribu Sanguisorbeae, que comprende hierbas y pequeños arbustos. *Polylepis* posee una relación evolutiva muy cercana con el género "Acaena", con el que comparte varias características morfológicas, especialmente una corteza rojiza que se desprende en láminas, inflorescencias axilares y parcialmente colgantes.

Entre los caracteres morfológicos que se utiliza para diferenciar las especies de *Polylepis* se encuentran:

1. grado de congestión de las hojas,
2. presencia o ausencia de estípulas, tamaño e investidura,

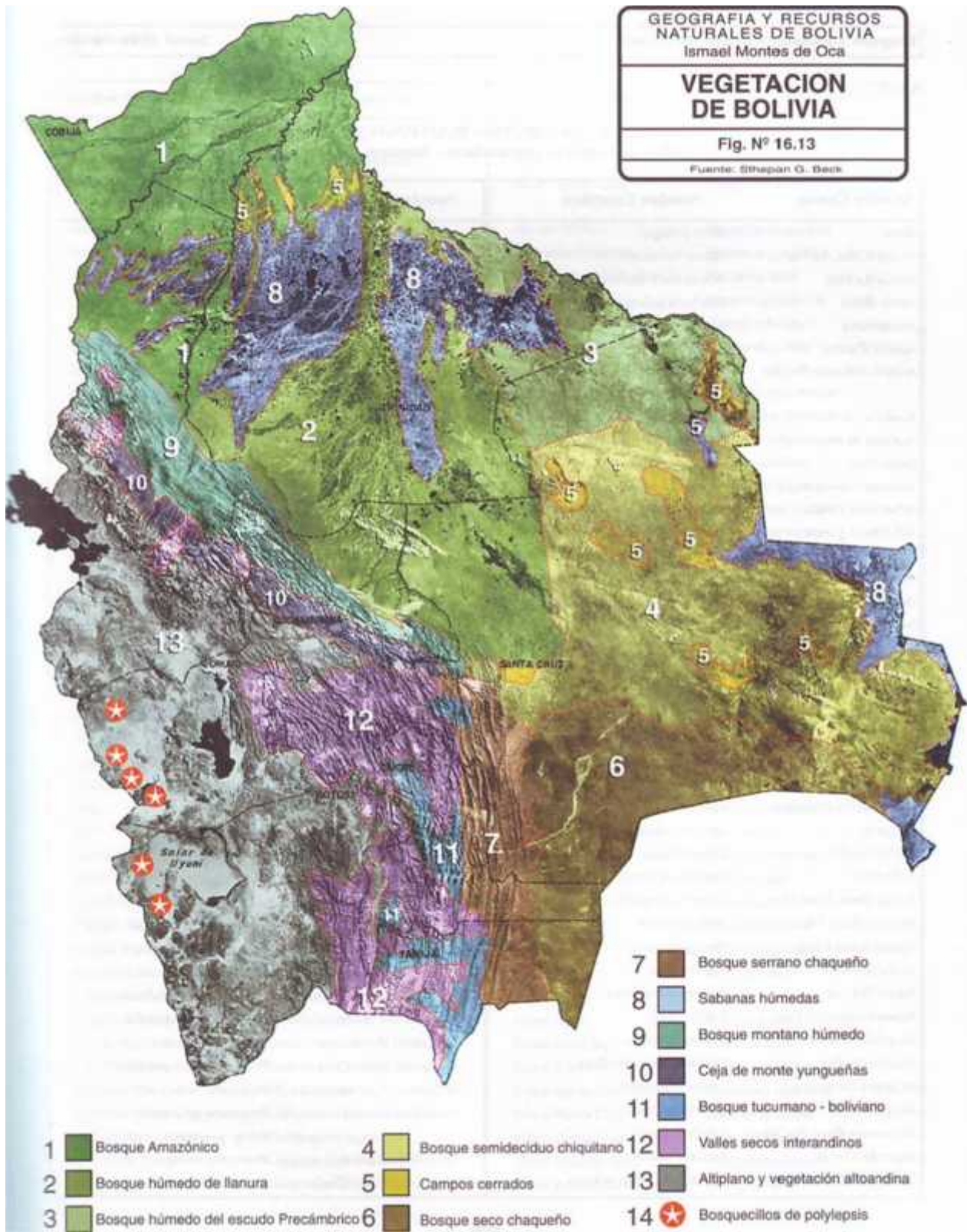
3. presencia o ausencia y el tipo de tricomas y tamaño, forma, grosor y vestidura de foliolos. El carácter taxonómico más importante, son los foliolos.

Polylepis se caracteriza por estar compuesto por pequeños árboles y arbustos de aproximadamente 2-5 m de alto. Posee hojas compuestas por foliolos pequeños, gruesos, cubiertos por resina y tricomas. El tronco es retorcido y cubierto por una corteza café-rojiza, que se desprende en delgadas láminas. Las flores son pequeñas, agrupadas en racimos y el número varía según la especie. Las flores son polinizadas por el viento y poseen características típicas de esta forma de polinización; es decir, flores con pétalos reducidos, estambres sobresalientes y un estigma amplio. Los frutos son aquenios, dispersados por el viento. Estos árboles poseen una adaptación al frío de las regiones de alta montaña. La corteza laminada forma un paquete alrededor del tronco que actúa a modo de aislante térmico, protegiendo a la planta contra heladas.

Los bosques de *Polylepis* son ecosistemas que albergan una fauna y flora única, especialmente aves especialistas de hábitat y con altos niveles de endemismo. Estos bosques también representan uno de los habitantes más vulnerables de los altos Andes por la fuerte presión antropogénica existente, ya que constituyen el único recurso maderable en esas alturas.

Polylepis es económicamente importante porque posee múltiples usos. Constituye una fuente de leña para la cocción de alimentos y madera para la construcción de corrales, mangos de herramientas y tinteles. La corteza posee propiedades medicinales para curar enfermedades respiratorias y renales y también se utiliza como tinte para teñir tejidos. Los bosques son zonas utilizadas para el pastoreo del ganado doméstico nativo (llamas y alpacas) e introducido (oveja, vaca y cabra) y zonas de cultivo de maíz, papa, cebada, entre otros (ZONISIG, 2000).

Imagen 2: Vegetación de Bolivia



Fuente: Mamani-Rivera (2010)

2.3.3. Biomasa vegetal Thola

La thola o tola, cunta, chamiso, taya, tayanca entre otros nombres comunes, es parte del reino vegetal, perteneciente a la clase *Magnoliopsida*, la cual se encuentra en la familia *Asteraceae*, siendo del género *Baccharis*, encontrándose especies como *buxifolia* (Lam), *incarum*, *boliviensis* entre otras.

Imagen 3: *Baccharis* sp.



Fuente: Propia (2008)

Linares (2008), describe a *Baccharis* como un arbusto perennifolio, de hasta 70 cm y 60 cm de diámetro, muy ramificado. Hojas alternas, sésiles, de forma espatulada, ápice redondeado y margen entero, nervadura hifódroma, muy pequeñas, de hasta 6 mm de largo. Inflorescencia en capítulo. Involucro formado por 3: filas de brácteas. Flores tubulosas, pentadentadas, hermafroditas, actinomorfas, de color blanco; cáliz formado por un penacho de pelos; estambres de anteras unidas; gineceo con ovario ínfero, estilo simple, apical. Fruto, un aquenio.

Uso: combustible, es recogida por los campesinos para usarla como leña, excelente por su contenido resinoso, arde tanto seca como fresca (ib.).

Ecología: florece en invierno y primavera. Habita en suelos arenosos, arcillosos, pedregosos o rocosos, secos o húmedos; forma parte de los tolares. 3500-4500 msnm (ib.).

Según Mamani-Rivera (2010), en el Cantón de Viluyo, se tienen las siguientes especies dominantes en estratos arbustivos de *Baccharis*:

Legía thola (*Baccharis incarum*).

Llinki thola (*Baccharis effusagriseb*).

Pesco thola (*Baccharis boliviensis*).

Esta especie, *Baccharis buxifolia*, en la zona de estudio es conocida como Ñaka thola, y se diferencia de otra especie de thola de la misma familia que también existe en la zona pero en menor cantidad de nombre científico, *Parastrephia quadrangularis*, más conocida como Suphu thola que la utilizan para hornear.

2.4. Cocinas de Alta Eficiencia Energética

En gran parte del área rural en Bolivia, los ambientes donde se encuentran las cocinas y donde los comunarios consumen sus alimentos, están edificadas de adobes, piso de tierra, techo de paja y barro. Este ambiente cerrado cuenta con pequeños orificios en el techo y paredes en forma de ventanas. La función de estos orificios es el de liberar, del ambiente interno, el humo de la combustión de la biomasa, en el momento de preparar sus alimentos.

Actualmente existe una amplia variedad de modelos de estufas mejoradas disponibles, con variaciones significativas respecto al aspecto físico, materiales de construcción, costo y oferta en grandes cantidades. Sin embargo, sólo para algunas de ellas, se cuenta con algún tipo de información sobre su eficiencia energética, aceptación de la población y emisiones generadas, aspectos que son cruciales para lograr los objetivos de programas de implementación relacionados con protección a la salud y al ambiente.

Guzmán (2006), nos muestra otro tipo de cocina de alta eficiencia energética denominada CEL-4, la cual no está en estudio pero es muy importante conocerla, misma que es una de las cocinas de ahorro de energía con que se cuenta, la CEL-4 que es

Eficiente a Leña, de 4 kW de potencia (metálica) proporcionada por ENERGETICA maneja una tecnología comprobada en otros países, basada en la combustión de alta temperatura. Su diseño permite un mejor aprovechamiento del combustible porque cuenta con un quemador cerámico, plancha metálica y una chimenea para la expulsión total de humos. Así mismo, la estructura del quemador de alta temperatura y los mecanismos de evacuación de humos permiten la minimización de residuos contaminantes del medio ambiente.

Imagen 4: Cocina CEL-4



Fuente: MPD/PNCC (2006)

Esta cocina CEL-4, la nombramos porque tiene una similitud en cuanto a estructura con la cocina Lorena, una de las grandes diferencias es que CEL-4 es metálica y la Lorena es elaborada en base a barro macerado.

2.4.1. Cocina Rustica K'oncha

La cocina utilizada en el área rural es denominada Fogón, K'ery (Aymara) o también llamada K'oncha (Quechua). La ubicación y tamaño de la K'oncha depende del número de personas que vive en cada casa. La K'oncha normalmente cuenta con dos ojos, y un orificio de entrada para la leña. Como es característico, la construcción de la K'oncha no cuenta con chimenea.

Según Torres et.al. (2012), la cocina tradicional, es un dispositivo que nos permite cocinar los alimentos con leña de un modo sumamente ineficiente, ya que nos ofrece una serie de desventajas, permitiendo de un lado, un consumo excesivo de combustible. La cocina tradicional empleada para la cocción de alimentos es el fogón abierto, de tres o más piedras, tipo U o doble U. Su uso es generalizado, tanto en climas cálido como fríos; en los últimos, además, se usa para el calentamiento interior de las viviendas.

Imagen 5: Cocina K'oncha



Fuente: Propia (2008)

La cocina K'oncha, es de construcción rústica, con materiales de arcilla y arena, cuentan con dos hornillas, y una especie de puerta por donde entra la biomasa vegetal (leña). Esta cocina se encuentra a nivel del suelo con una altura de 30cm., ancho de 40cm. y de largo 32cm, OILTMA (2008).

2.4.2. Cocina Mejorada Lorena

Macusaya (2008), indica que el equipo de cocción Lorena, es una cocina ecológica (fogón, k'oncha o Khery) mejorada, su nombre viene de unir el sonido de dos, de los materiales que se utilizan en la construcción, lodo (barro, greda) y arena, llegando a denominarse Lorena.

Son cocinas de construcción rústica pero mejoradas, ya que está hecha con materiales de arcilla, arena, paja y guano de burro, dichos materiales ayudan a la resistencia en el tiempo de dichas cocinas, cuenta con dos hornillas moldeadas y con un soporte de rejillas de 20x15 cm. Esta cocina se encuentra con una base de 40 cm. sobre el suelo construido con material de adobe, sobre esta viene una edificación con el material ya mencionado con una altura de 30 cm., ancho de 80cm. y de largo 50 cm., la peculiaridad de esta cocina es que tiene una chimenea en una de las esquinas posteriores con una altura de 3 mt que sobresalen al techo, como también una puerta metálica de 16x15 cm que tapa un poco la entrada de la biomasa, OILTMA (2008).

Imagen 6: Materiales para barro de la cocina Lorena



Fuente: GTZ, cita OILTMA (2008)

Para la construcción de las cocinas Lorena, primeramente se mezcla la bosta de burro con la tierra arcillosa y la arena, y se va agregando agua para que haya una buena mezcla de los materiales secos.

Cuando ya se tiene la mezcla, se va agregando la paja picada de un tamaño de 10cm, y revolviendo se va homogenizando el barro para una mejor consistencia.

Imagen 7: Barro macerado para la construcción de la cocina Lorena



Fuente: Propia (2008)

Una vez obtenida una buena mezcla, se la tapa con nylon para que genere calor y se vaya fermentando el barro, para obtener una mezcla uniforme y dejar reposar, por un periodo de 1 a 2 días. Una vez concluida la mezcla se ubica la zona en la que se construirá la cocina, se traza el área y se comienza a colocar los adobes formando la base de la cocina.

Imagen 8: Dimensiones de la plataforma para la construcción



Fuente: GTZ, cita OILTMA (2008)

Posteriormente se pasa a construir la cámara de combustión, la misma que contara con las siguientes partes: apertura de ingreso de leña, cámara de quemado y cámara de transporte de calor, que desembocara en la chimenea. Para la construcción de la misma, se marca las cámaras de combustión en donde irán las ollas, las mismas que tendrán un diámetro variable de entre 0.15 a 0.40 m según el tipo de olla que se use en la familia.

Imagen 9: Plataforma marcada para la monta del barro.



Fuente: Propia (2008)

Una vez terminado el marcaje se realizara la construcción de la cámara de combustión el cual tendrá una altura de 0.30 m, a medida que se va construyendo la cámara de combustión, se va moldeando las ollas en las que cocina la familia. En una esquina del vaciado de la cocina se debe dejar un hueco para la chimenea, que debe tener el tamaño de un puño, este espacio quedara libre para poder colocar la chimenea, la misma que exteriormente será revocada con barro, esto para proteger la chimenea de posibles accidentes.

Imagen 10: Barro montado y moldeado sobre plataforma



Fuente: Propia (2008)

Se pone la plancha o compuerta para la entrada de leña (0.15 x 0.16 m), se continua moldeando la cocina dejando la plancha en medio, dándole el espacio necesario para moverla tapando y destapando. Ubicado el lugar de salida de la chimenea, se procederá a colocar la misma, a una profundidad aproximada de 0.30 m dentro de la cocina, esta será reforzada con revoque interno para sujetarla firmemente a la cocina.

Imagen 11: Cocina Lorena terminada



Fuente: Propia (2008)

Una vez terminada la construcción se debe esperar por lo menos tres días para luego quemarlo, y de esa manera templar la cocina, Calle (2008).

Imagen 12: Prueba de la Cocina Lorena



Fuente. Propia (2008)

Según Kürmi (2003), los beneficios de la cocina Lorena son:

- Reduce el humo dentro de la cocina
- Utiliza poca leña y phuru
- Cocina rápido la comida
- Las ollas ya no son q'estis
- La construcción es sencilla
- Mantiene la calor

2.5. Emisión de GEI en cocinas de alta eficiencia energética

Las personas en el área rural, acostumbran a cocinar sus alimentos una vez por la mañana y otra por la tarde; esto significa que se tiene emisiones de GEI en cocinas de alta eficiencia energética dos veces por día.

Desde el comienzo de la era industrial, la quema de combustibles fósiles entre los que están el petróleo, carbón y gas, en su consumo como fuentes de energía, han agregado grandes cantidades de CO₂ a la atmosfera, 67 % del total mundial, como nos dice la Universidad Politécnica de Cataluña (2000) en uno de sus artículos. Todo este consumo causo y está causando el calentamiento global y consecuente cambio climático.

De la combustión completa de carbono (quema de combustible en presencia de oxígeno en exceso) se emite a la atmosfera el dióxido de carbono (CO₂). Cuando la combustión es incompleta se generan emisiones de monóxido de carbono (CO), metano (CH₄) y diferentes compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM). Estas emisiones de carbono son expuesta a la atmosfera como material particulado (cenizas, hollín), que al cabo de unos días (y hasta años) son oxidados a CO₂.

Según Torres et.al. (2012), el principio de funcionamiento de la cocina tradicional, se basa en la combustión incompleta de la leña por medio de las cuales convierte la energía potencial del combustible en energía calorífica por procesos de transferencia de calor, transfiriendo esta energía de calor a la olla o recinto donde se encuentran los alimentos, y expulsando el humo hacia sus alrededores. Se continúa usando porque tienen las ventajas siguientes: Son económicos o no tienen ningún costo, fáciles de construir, usar

y cambiar de lugar, se pueden utilizar diferentes especies de combustibles y se adaptan a las formas de los recipientes. Sin embargo, su principal problema es la baja eficiencia, la cual oscila entre el 5% y el 15% (Dutt et al., 1987). Por otro lado, la combustión de la leña es incompleta e incontrolada y genera una gran cantidad de partículas y gases contaminantes, ocasionado también un elevado consumo de leña.

Según Guzmán (2006), la utilización de equipos tecnológicos simples, especialmente de costos bajos, permiten a la gente cocinar sus alimentos; pero abaratar los costos, repercute directamente en la salud de las personas. La gente que utiliza fogones tradicionales toma en cuenta el tiempo de cocción de alimento y no así la cantidad de tóxicos que respiran durante esta actividad y que emiten como GEI a la Atmósfera, ni el impacto que los desechos de sus actividades tengan sobre el entorno.

Según Zuk, citado por Guzmán (2006). En Latinoamérica se han destacado las intervenciones con las estufas Lorena, Proleña - Justa, Patsari y Onil, en algunas regiones de Brasil, Nicaragua, Guatemala y México, disminuyendo el consumo de combustible en 70% y presentado reducciones de hasta 60% en las emisiones de CO₂ y PM_{2.5} en interiores.

2.6. Consumo de biomasa vegetal para la combustión energética

Los combustibles fósiles y la biomasa son las fuentes principales de energía para uso doméstico, industrial y de transporte; repartiéndose el consumo más o menos en partes iguales. Para el año 2000, a nivel mundial, el 95% de la energía provenía de la utilización de combustibles fósiles: petróleo (44 %), carbón (25 %) y gas natural (26 %). Solo un 25 % se obtenía de la energía hidroeléctrica y un 2,4 % de la energía nuclear. La producción de energía solar y eólica era, a nivel global, casi insignificante, quedando por debajo del 0,2 %, Universidad Politécnica de Cataluña (2000).

Imagen 13: Cocina que beneficia a la salud y reduce emisiones GEI



Fuente: Cocinas mejoradas Perú (2010)

Dependiendo de la pureza del combustible, condiciones de combustión y tecnología, el sector energía es también responsable, en parte, de la emisión de SO_2 y NO_x . Por otro lado, la quema de biomasa y combustibles fósiles está interfiriendo con la reflectividad de los aerosoles. Los aerosoles son pequeñas partículas formadas a partir del dióxido de sulfuro, que enfrían la superficie terrestre al hacer rebotar la luz solar hacia el espacio.

Nuevos estudios plantean que las emisiones de humo u hollín, provenientes de la combustión de biomasa y combustibles fósiles, están oscureciendo el color de los aerosoles, de tal modo que absorben más radiación. Esto reduce el efecto de enfriamiento de los aerosoles y podría significar que el color del humo de la combustión es una también importante del calentamiento global.

Usualmente los aerosoles y las partículas de hollín están separados, o mezclados de manera externa. Sin embargo existe también un estado de mezcla interna en el cual los aerosoles y el hollín se combinan. De este modo se determinó que, en el estado de mezcla interna de estos compuestos, la radiación infrarroja es absorbida en mayor proporción que en el estado de mezcla externa, Cannell (2002).

El trabajo realizado por Guzmán, el cual compara la cocina tradicional K'onchita con una cocina de alta eficiencia energética mejorada denominada CEL-4, la misma que tiene

una estructura totalmente metálica, nos muestra resultados en la emisión de GEI por parte de las cocinas.

Según Guzmán (2006), los resultados comparativos muestran una productividad mayor con el uso de CEL-4 y el consumo de leña en fogones resulta ser más del 100 %. El tiempo de hervido de agua en ambas tecnologías es similar. Aunque comparado con los tiempos en campo, se podría decir que la práctica de los usuarios influye en la toma de datos.

Las diferencias observadas en la operación de fogones CEL-4 están marcadas en la alimentación de combustible. Al fogón se introduce leños gruesos y se abandona la tarea. En cambio la CEL-4 requiere de atención continua para introducir, acomodar y remover el combustible dentro la cámara de combustión.

2.7. Emisión de GEI durante la combustión de biomasa vegetal en cocinas de alta eficiencia energética

Según Torres et.al. (2012), el uso de energía por combustión de leña, consiste en la utilización de la energía térmica útil que se obtiene por degradación química de la madera llamada pirolisis que conlleva la combinación de carbón e hidrógeno con oxígeno para producir calor con cierta eficiencia. Cuando cesa el flujo de gases el carbón empieza a quemarse y los subproductos de su combustión son principalmente la emisión de bióxido de carbono y carbono.

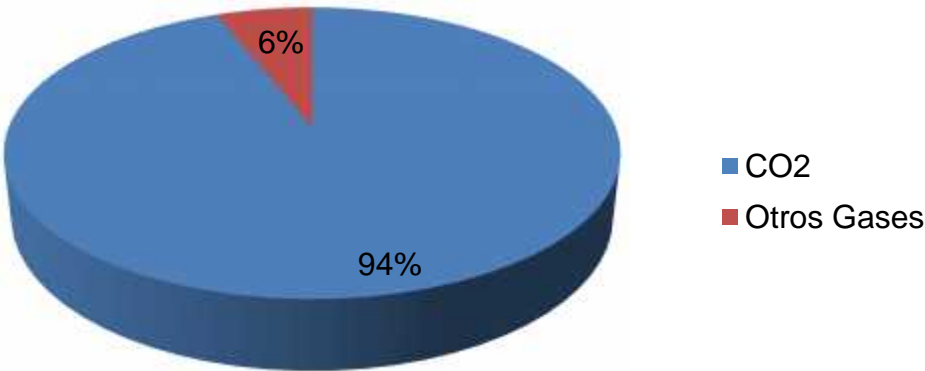
Torres et.al. (2012), nos menciona que, teniendo en cuenta a Dieter Seifert (1998), D-Neuoetting (2000) y Antonio Creus S. (2004) la combustión de un kilogramo de leña emite 1,83 kg de CO₂; esto se debe a que en la leña la mitad de su masa es carbón (C) y si la relación entre el peso molecular del CO₂ y el C es de 44/12 entonces; 1 kg leña produce: 0,5 (44/12 kg de CO₂) = 1,83 kg de CO₂. La equivalencia entre el carbono y el CO₂ es:

$$\frac{\text{Peso molecular del } CO_2}{\text{Peso molecular del C}} = \frac{44(CO_2)}{12 C}$$

Entonces si en cada kilogramo de leña el 50 % (composición química de la madera, M. Camps y F. Hernández, 2002, Mundi-Prensa) es carbono (C), entonces la razón será de $3,667 \times 0.5 = 1,83$ Kg de CO_2 / kg de leña.

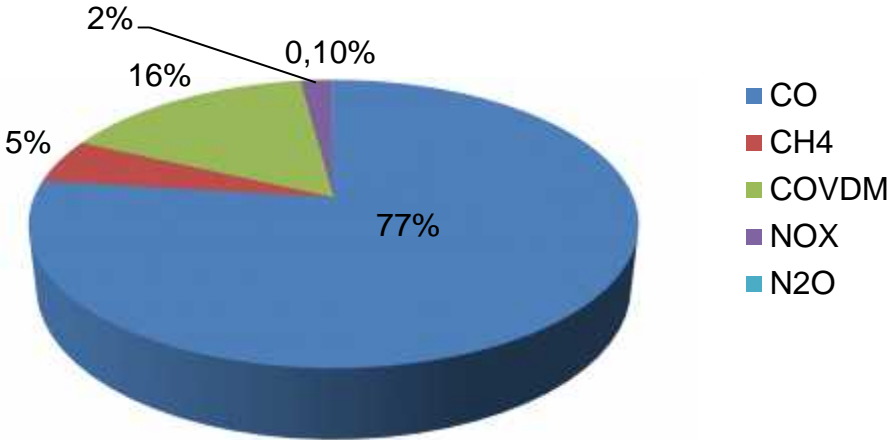
Según Flores (1995), solo el 6% de la emisión emitida por la combustión de leña corresponde a la equivalencia de CO_2 de otros gases.

Gráfico 2: Equivalencia de CO_2 emitido por Porcentaje



Ese 6% de otros Gases de Efecto Invernadero diferentes al Dióxido de Carbono, se distribuye de la siguiente manera:

Gráfico 3: Emisiones GEI diferentes al CO_2 por consumo de leña



2.8. Servicios Ambientales

Pronatura, citado por Ordóñez-Díaz.(2001); define los servicios ambientales como la valoración económica, o el proceso mediante el cual se hace una medición o estimación cuantitativa del beneficio o utilidad generado por el uso o explotación de un ecosistema y/o sus recursos naturales y el ambiente, el beneficio o utilidad de la mera existencia del mismo para los humanos.

UICN-BID, citado por Fragoso-López (2003), define los servicios ambientales como valores que los sistemas naturales proporcionan a la sociedad, a través de la utilización de los recursos sin consumir directamente los mismos, sino utilizándolos para mantener los procesos productivos de los ecosistemas que se encuentran en la base de toda forma de vida en el planeta.

Fragoso-López(2003), refiere que desde la cumbre de la tierra, en Río de Janeiro 1992, se enfatizó que a fin de alcanzar la conservación y manejo sostenible de los recursos naturales es necesario generar estructuras que internalicen los costos y beneficios de los sistemas de mercado, incorporando una perspectiva integral económica y ecológica al tema de servicios ambiental.

2.8.1. El carbono en los ecosistemas forestales

Fragoso-López (2003), refiere que un servicio producido por los recursos forestales, es su participación en el ciclo del carbono. El rol de estos, está en función de su capacidad de almacenamiento de carbono y como sumidero para la absorción de CO₂, pero a la vez se convierte en emisor de carbono en el momento de su destrucción. La trascendencia de dicho rol juega, se basa en el debate ocurrido en los últimos años, sobre emisiones de gases de efecto invernadero y cambio climático; donde se estima que una de la principales causas de dichas emisiones (CO₂), es la creciente deforestación y degradación forestal; además de otros gases que concurren en las referidas emisiones, como: Metano, Monóxido de Carbono y Óxidos Nitrogenados.

El autor citado menciona que lo importante de los recursos forestales, radica en que estos almacenan grandes cantidades de Carbono en vegetación y suelo, al intercambiar

carbono con la atmósfera mediante la respiración y la fotosíntesis. Este proceso permite a los vegetales la retención de carbono para contribuir sus tejidos y liberar oxígeno donde la mayor parte de carbono se almacena en forma de madera.

Lo anterior lo complementa Ordóñez-Díaz. (2001), quien define que el CO₂ de la atmósfera se incorpora a los procesos metabólicos de las plantas mediante la fotosíntesis; dicho elemento participa en la composición de las estructuras necesarias para que el árbol desarrolle: follaje, ramas, raíces y fuste. Al crecer el árbol, incrementa su follaje, ramas, flores y frutos y yemas de crecimiento (que en su conjunto conforman la copa) así como su altura y grosor de fuste. La copa necesita espacio para recibir energía solar sobre la hoja, lo que da lugar a que las copas de los árboles, compitan por esta energía, que originan a su vez, un dosel cerrado. Los componentes de la copa aportan 13 materia orgánica al suelo, que al degradarse se incorporan paulatinamente y da origen al humus estable, este a su vez, aporta nuevamente CO₂ al entorno.

Simultáneamente los fustes al ir aumentando de diámetro y altura, alcanzan un tamaño aprovechable en términos comerciales, pudiéndose extraer productos como: Tablas, tablones y polines, que darán origen a productos elaborados como muebles y casas. Estos productos finales tienen un tiempo de vida determinado, después del cual se degradan y aportan CO₂ al suelo y/o a la atmósfera.

Durante el tiempo en el que el CO₂, se encuentra dentro de la planta, constituyen alguna estructura del árbol y hasta que es enviado nuevamente al suelo o a la atmósfera, se considera almacenado. En el momento de su liberación (ya sea por la descomposición de la materia orgánica y/o por la quema de la biomasa), el CO₂ fluye para regresar al ciclo del carbono.

2.8.2. Los bosques como reservorio de carbono

Actualmente la deforestación y la degradación forestal, son factores importantes para el cambio climático global, puesto que producen emisiones netas de dióxido de carbono; sin embargo, se ha estimado que cambiando estrategias de conservación forestal con proyectos de reforestación en todo el mundo, los bosques podrían resultar un sumidero neto de carbono durante los próximos cien años, permitiendo reducir de 20 a 50 % las

emisiones netas de dióxido de carbono, la superficie forestal estimada en la tierra es de 4.1×10^9 , IPCC (1995; citado por Ordóñez-Díaz, 2001).

Ordóñez-Díaz (2001), comenta por lo anterior, que es necesario conservar los bosques y mantenerlos adecuadamente e iniciar un proceso de reforestación en zonas altamente degradadas, permitiendo una regeneración de cobertura vegetal acorde al tipo de suelo, fisonomía del terreno y cercanía.

2.9. Consecuencias del efecto invernadero

La atmósfera, por el hecho de ser muy transparente para la luz visible pero mucho menos para la radiación infrarroja, produce para la superficie terrestre el mismo efecto que el techo de cristal produce en un invernadero; la luz solar, que llega sin grandes obstáculos hasta el suelo, lo calienta, dando lugar a que emita rayos infrarrojos (ondas caloríficas), los cuales, a diferencia de los rayos de luz, son absorbidos en gran parte por el vidrio o la atmósfera. Al final la cantidad de energía emitida al espacio tiene que ser la misma que la absorbida, pero la superficie terrestre tiene que alcanzar la temperatura en que ambos flujos se equilibran, la cual es más alta en presencia de una atmósfera (en un planeta) o de techos de cristal (en un invernadero; aunque en realidad el cristal de un invernadero protege de la pérdida de calor más porque interrumpe la circulación del aire, que porque sea opaco a los rayos infrarrojos).

Es importante señalar que el efecto invernadero afecta a todos los cuerpos planetarios del sistema solar dotados de atmósfera, porque aunque no todos los gases absorben radiación infrarroja, en ninguna de esas atmósferas faltan los que sí lo hacen. En la Tierra el efecto invernadero es responsable de un exceso de 33°C de la temperatura superficial (15°C de valor medio) sobre la temperatura de emisión (-18°C), pero en Marte la diferencia es de tan sólo 3°C y en Venus la diferencia alcanza los 466°C .

El efecto invernadero es un fenómeno natural, pero la alusión frecuente a él en relación con el calentamiento global hace creer a algunos que es en sí indeseable, y una consecuencia reciente de la contaminación atmosférica. Hay que aclarar que el calentamiento no es atribuido a la simple existencia, sino al aumento del efecto invernadero por encima de sus valores anteriores. Además, la causación del clima y de

su variación temporal depende de otros factores, aunque la comunidad científica general está considerando ahora que el calentamiento actual, cuya existencia misma algunos niegan, se debe en su mayor parte a esta causa.

Según Ordóñez-Díaz (2001), se predicen cambios irreversibles como consecuencia de la acumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera, entre los cuales se mencionan: Aumento de la temperatura de 1.4 – 5.8 C; lo cual produciría: cambios en los patrones de precipitación, incremento en Evapotranspiración, más eventos extremos (tornados, huracanes, tormentas tropicales) Cambios irreversibles y extinción de especies. Aumento del nivel del mar 0.1-0.90 cm, por derretimiento de los glaciares.

3. LOCALIZACIÓN.

3.1. Ubicación geográfica.

Según el INE (2002), el área de estudio se encuentra, en la parte central del departamento de Potosí, en la provincia Antonio Quijarro, segunda sección Gobierno Autónomo Municipal de Tomave, la misma tiene una superficie de 7965 km², posicionado entre los meridianos 65°30' – 65°45' de longitud oeste y los paralelos 19°30' – 19°45' de latitud sur. Limitando al norte con los municipios de Uyuni y Urmiri, al sur con los municipios Uyuni y Cotagaita en la parte este con los municipios de Cotagaita, Caiza "D", Porco y Urmiri hacia el oeste con el municipio de Uyuni.

Dentro el municipio, el estudio se llevó acabo en el centro poblado del cantón de Viluyo, perteneciente en la estructura originaria al ayllu Jila, la misma que se encuentra a una distancia de 150 km de la ciudad de Potosí.

La comunidad de Viluyo, forman parte en su totalidad de la cuenca del Rio Yura, que por sus características, es una región de puna semiárida y árida con una altitud promedio de 3.500 msnm, al Este limita con la comunidad de Tacora, al oeste con la comunidad de Apacheta, y al Norte y Sur limita con la comunidad de Tacora.

Imagen 14: Mapa ubicación comunidad de Viluyo del Municipio de Tomave



Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2002)



Derechos reservados INE - Plural editores

3.2. Características ecológicas.

3.2.1. Clima

El SENAMHI (2009), tomando en cuenta la ubicación fisiográfica y piso altitudinal, distingue dos tipos de climas en el municipio:

- **As 45**

Pisos altitudinales 4 y 5 (3600-4200m), con más de 100 días de heladas por año. Este clima se ha identificado para las estaciones de Uyuni, Río Mulato y regiones de Quehua, Keluyo, Quesawinto y otros.

- **Cs.4**

Piso altitudinal 4. (3000 a 4000 m), árido con 50 a 150 días de helada/año. Este clima se ha identificado para las estaciones y lugares de Calazaya y Chaquilla.

Y tomando en cuenta la clasificación Agroecológica se tiene:

- **Clima árido**

Presente en la región noroeste que abarca los cantones de Tomave, Opoco, Viluyo, Tacora, Tarana, Tholapampa, Ubina, donde las precipitaciones son <250 mm, con temperaturas medias anuales de 5.0 a 8.0°. Vegetación predominantemente halófitas.

- **Clima semiárido**

Presente en el sector este y sureste que comprende gran parte del municipio, donde se localizan los cantones de Calazaya, Tica Tica, Yura, registra precipitaciones > 250 mm anualmente, con temperaturas media anuales de 8 a 12°C.

También se pudo determinar que el municipio de Tomave tiene un promedio de 213 días de heladas, promedio de humedad relativa de 43 %, dirección y velocidad del viento (nudos) NE-4.5, SENAMHI (2009).

3.2.2. Hidrología.

Mamani-Rivera (2010), cita al Proyecto PLOT – Municipios DANIDA, y de acuerdo a estudios realizados por el mismo, se identificaron diferentes microcuencas en Tomave; y la zona de Viluyo donde se realizó el estudio, el mismo se encuentra en:

Cuadro 3: Microcuencas donde se encuentra Viluyo dentro el municipio

Micro-cuenca	Área Km2	Localización	Origen - Trayecto	Disponibilidad	Calidad de Agua
Río Yura	918.1	Noreste y este del municipio, (cantones de Yura, Tarana, Tacora, Viluyo y Apacheta)	Se origina en proximidades de Estación Yura de la unión de los ríos Azandal, Tambo y Azula Vinto y otros	> 3meses	Salinidad: 1.9 dS/m Clasificación: C1S2-C3S2
Río Tacora.	176.6	Región noreste del municipio, comprende los cantones de Tacora, Viluyo, Cuchagua	Nace de la unión de los ríos Huallantani y Aguas Calientes en cercanías a la comunidad de Tacora	> 5 meses en componentes Inferiores < a 4 meses en los demás componentes	Sodicidad: 8 – 10 Clasificación: C2S2 a C3S2

Fuente: Mamani-Rivera (2010)

3.2.3. Fisiografía y Geomorfología

Según el Proyecto ZONISIG (2000), la superficie territorial del municipio de Tomave se encuentra inmersa en la provincias fisiográficas del Altiplano y la Cordillera Oriental, donde se advierte gran paisajes: serranos, montañosos, colinosos, planicies, valles, piedemonte y llanuras aluviales.

En su litología esta zona presenta rocas del Terciario y Ordovícico, caracterizadas por rocas sedimentarias de areniscas, lutitas, arcillitas y margas. Los materiales metamórficos de cuarcitas y pizarras. Las superficies de erosión, pie de montes, llanuras aluviales y depresiones aluviales pertenecen al Cuaternario, siendo materiales de origen coluvial depositados sobre rocas en proceso de meteorización de pizarras y cuarcitas del Terciario. Las terrazas de las formaciones de Valles aluviales están formadas de depósitos fluviales y aluviales de la edad del Cuaternario.

Las montañas de Cozuña, Cuzco, Jatun Mundo y Ubina así como las mesetas del norte y oeste del municipio poseen litología de material volcánico de riolitas, cuarzo, diorita y grano dioritaque alternan con estratos de cuarcitas, ZONISIG (2000).

3.2.4. Vegetación

La flora de este ecosistema está conformada por especies dominantes destacándose principalmente pajonales que ocupan los lugares más elevados conformados por la paja brava (*Festuca ortophyla*), crespillo (*Calamagrostis deserticola*), acompañados de yaretas (*Azorella compacta*) y algunos árboles de quewiña (*Polilepis sp*). Al este del municipio los pie de montes presentan distinto clima con mejores condiciones por lo cual los cultivos se diversifican teniendo: maíz (*Zea mays*), papa (*Solanum tuberosum*), haba (*Vicia faba*), trigo (*Triticum aestivum*), cebada entre otras como hortalizas y frutales principalmente: manzano y durazno.

Imagen 15: Tesista en la zona de estudio



Fuente: Propia (2008)

Mamani-Rivera (2010), describe las unidades de vegetación existentes en el Municipio de Tomave y los clasifica por códigos según la UNESCO; se tomó solamente la vegetación que se encuentra en el cantón Viluyo los mismos que se describen a continuación:

a) Matorral siempre verde semideciduo subalpino (3a3d).

Se tienen las siguientes especies arbustivas: kiru thola (*Parastrephia lepidophylla*), legía thola (*Baccharis incarum*), phulica thola (*Parastrephia sp*), pesco thola (*Baccharis boliviensis*). Acompañan en estratos gramíneos el pasto bandera (*Bouteloua simplex lagasca*) y sewenca (*Cortaderia sp.*)

b) Matorral siempre verde semideciduo alpino (3a3h)

Las especies que caracterizan los estratos bajos de esta unidad son pasto bandera (*Bouteloua simplex*), chuco (*Stipa sp.*), chillihua de montaña (*Festuca of. humillior*). En estratos arbustivos sobresalen phulica thola (*Parastrephia sp.*), quiru thola (*Parastrephia lepidophylla*), legía thola (*Baccharis incarum*), llinki thola (*Baccharis effusagriseb*). Se encuentran también en estos estratos a layulayu (*Trifolium amabile*) y la añahuaya (*Adesmia spinosissima*).

c) Matorral caducifolio, semideciduo subalpino (3b3d).

Las especies dominantes la encontramos en estratos arbustivos y son legia thola (*Baccharis incarum*), pesco thola (*Baccharis boliviensis*), también se hallan presentes añahuaya (*Adesmia spinosissima*), koskoañahua (*Adesmia miraflorensis*), también aparecen arbustos en forma de cojín como la yaretilla (*Junellia mínima*).

d) Matorral caducifolio, deciduo por sequía subalpino (3b4d).

Las especies gramíneas que acompañan a los arbustos son: sicuya (*Stipa ichu*), pasto bandera (*Bouteloua simplex*), llapha (*Aristida adensionis*). Mientras que entre los arbustos: pesco thola (*Baccharis boliviensis*) combinados con árboles pequeños de churqui (*Prosopis ferox*). Debido a las características climáticas aparecen especies de la

familia cactácea como el huaraco (*Opuntia* of. *albisaetace*), airampo (*Opuntia soerensii*), kewayllo (*Trichocereus werdermannianus*).

e) Herbácea graminoide intermedia con arbustos nival (5e9j).

Está constituida por especies gramíneas en estratos medios como ejemplo tenemos a iruichu (*Festuca orthophylla pilgeri*), sicuya (*Stipa ichu*), crespillo (*Calamagrostis deserticola*). En estratos arbustivos sobresalen especies como la thola phulica (*Parastrephia* sp.), kota (*Antobryum triandrum*), además de la yareta (*Azorella compacta*) y la quewiña o queñua (*Polylepis* sp).

Cuadro 4: Unidades de vegetación donde se encuentran las especies en estudio

Nº	Tipo de vegetación UNESCO	Superficie km2	Superficie %	Cobertura vegetal %	Cobertura forrajera %
1	Matorral siempre verde semideciduo subalpino (3a3d).	500.2	6.3	35	25
2	Matorral siempre verde semideciduo alpino (3a3h)	187.4	2.4	45	30
3	Matorral caducifolio, semideciduo subalpino (3b3d).	407.9	5.1	40	25
4	Matorral caducifolio, deciduo por sequía subalpino (3b4d).	841.2	10.6	40	30
17	Herbácea graminoide intermedia con arbustos nival (5e9j).	303.1	3.8	30	15

Fuente: Mamani-Rivera (2010)

3.2.5. Fauna

Mamani-Rivera (2010). Las condiciones existentes en el municipio de Tomave tales como: el relieve, clima y biodiversidad forman distintos ecosistemas. En el relieve montañoso del municipio podemos mencionar la existencia de un ecosistema con clima y biodiversidad propia de esas alturas, cimas casi siempre con nieve por tener pendientes pronunciadas que están habitadas por especies diferentes tanto en fauna como en flora.

La fauna es muy diversa en la zona, teniéndose animales silvestres como vicuñas, suri, liebres, ratas de campo, gato montés, zorrillo, comadreja. En los valles glaciales o bofedales que es la principal fuente alimentaria de la fauna tanto doméstica como silvestre, se tiene la presencia principalmente de chiji, llapha y otras. La fauna doméstica, también es diversa criando principalmente camélidos (*Lama sp.*), ovinos (*Ovis aries*), caprinos (*Ovis capris*), vacunos (*Bous taurus*), equinos, realizando también la cría de cerdos y pocas aves de corral.

Imagen 16: Llama doméstica en Viluyo



Fuente: Propia (2008)

Otro ecosistema a mencionar son los cuerpos de agua tanto perenne como temporal, los cuales albergan en ellos diferentes especies animales y vegetales: entre los animales podemos mencionar diversas especies de patos (*Anass sp*), flamencos (*Phoenicoparrus janesi*) y otras aves que se alimentan en ellas, los peces principalmente challwas (*Orestias sp*) y truchas en el lago toro que es una especie introducida. Las especies vegetales existentes en estos cuerpos de agua son berros (*Ranunculus sp.*), y comunidades hidrófitas de llullucha (*Nostock commune*), Mamani-Rivera (2010).

3.2.6. Características culturales y socioeconómicas

Por sus condiciones el Municipio de Tomave ha sido considerado desde el siglo XVIII como un centro eminentemente minero la actividad minera que en los últimos 2 años se han ido reactivando, el turismo pese a contar con un potencial interesante en el territorio municipal no se ha logrado formular estrategias de aprovechamiento turístico debido a la falta de información y difusión de los diferentes atractivos.

Las Actividades principales de Viluyo son 1º la Agricultura, 2º la ganadería, 3º migración temporal de sus habitantes a ciudades capitales.

La agricultura es considerada como el sustento de las familias rurales, pese a ser aún de subsistencia permite leves márgenes de venta e intercambio comercial además de proporcionar alimentación complementaria a los animales (forraje cultivado, rastrojos y vegetación seminatural). Las condiciones particulares de cada zona permiten obtener diversidad de productos agrícolas a mencionar específicamente en Viluyo se prioriza como producto 1º haba, 2º cebada, 3º papa, 4º maíz.

Cuadro 5: Tenencia de animales por familia en Viluyo

Llama	Bovino	Ovino	Caprino	Porcino	Ave corral
20-300	1-3	15-30	20-50	2-10	5-9

Fuente: elaboración propia

En esta zona la cría de especies camélidas adquiere una mayor relevancia al de las ovinas y caprinas. El desarrollo de la actividad pecuaria tiene como factor determinante la alimentación del ganado, contando el municipio con áreas compuestas de vegetación semi-natural (herbáceas blandas, gramíneas, arbustos y rebrotes de terrenos en descanso), paralelamente se destina forraje cultivado (cebada, alfalfa, avena y pastos), además de restos de cosecha (rastrojo y chala). La producción ganadera camélida que es considerada como una de las mayores zonas de producción a nivel mundial se ve limitada por la falta de tecnología apropiada que permita la industrialización de diversos subproductos resignándose sólo a la producción y permitiendo el desarrollo de otras empresas con carácter industrial que benefician a otros departamentos y países.

La población de Viluyo es descendiente directa de la cultura Yura, cultura que hasta la fecha conserva sus tradiciones y costumbres, esta población al igual que toda la zona norte Potosina se ve sumergida en una pobreza alarmante que registra índices de 79.7% de pobreza según el INE.

Imagen 17: Vestimenta tradicional Yureña, comunidad Viluyo



Fuente: Propia (2008)

La distribución por edad presenta la base más amplia desde los 0 a los 14 años, mientras que su estrato más angosto se presenta entre los 50 y 54 años, la tasa de natalidad alcanza al 23.1% mientras que la tasa de mortalidad infantil llega al 38 por cada 100 nacidos. La esperanza de vida alcanza a los 49 años, a causa de las extremas condiciones de vida y nivel de pobreza, INE (2002).

Imagen 18: Firma del Convenio del proyecto en Viluyo



Fuente: Ing. Asturizaga (2008)

Según el INE (2002), la comunidad de Viluyo esta designado como cantón, tiene una población de 639 habitantes, agrupadas en 180 hogares, y una superficie de 147.9 km², haciendo una densidad poblacional de 4.3 habitantes por km².

El Municipio de Tomave, tiene una población que haciende a 12.764 habitantes, agrupadas en 3.726 hogares, y una superficie de 7.965 km², haciendo una densidad demográfica de 1.6 Km² por habitante.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación, se realizó conjuntamente la Organización Integral del Lago Titicaca Mayacht'asis Atipjañani – OILTMA, dentro el Proyecto “Optimización de energía y disminución en las emisiones de GEI a través de la construcción de cocinas Lorena para familias yureñas pertenecientes al ayllu Jila – Potosi”.

El Proyecto intervino en 5 comunidades, de la cual se seleccionó a la comunidad de Viluyo, por la permanencia de sus pobladores en la misma, y el compromiso que tuvieron los mismos en apoyar el trabajo de tesis.

4.1. Descripción de las cocinas de alta eficiencia energética

Se empezó por seleccionar a las familias con las que se iban a trabajar en la comunidad de Viluyo, las cuales fueron elegidas bajo características de vivienda propia y residencia permanente en la comunidad, ya que en la zona, por motivos de bajos rendimientos en la producción agrícola y baja tenencia de parcelas cultivables, las personas llegan a migrar temporalmente durante el año después de la cosecha, a las grandes ciudades de nuestro país a trabajar, ya que lo cultivado solo les alcanza para la alimentación, teniendo poco excedente para la venta, con lo cual compran otro tipo de víveres.

Una vez elegidas las familias, posteriormente se pasó a construir la cocina Lorena e identificar la cocina K'oncha, las que usan a diario para la cocción de alimentos, siendo las mismas con las siguientes características:

4.1.1. Cocina K'oncha

La cocina K'oncha, es un fogón a leña utilizada por los pobladores durante generaciones, las cuales les sirven para la cocción de sus alimentos.

Son cocinas de construcción rustica con materiales de arcilla y arena, cuenta con dos hornillas, y una especie de puerta por donde entra la biomasa vegetal (leña). Esta cocina se encuentra construida a nivel del suelo con una altura de 30 cm, largo de 60 cm y ancho de 35 cm, como se muestra en la Foto y se describió en el capítulo 2.

Imagen 19: Cocina K'oncha a prueba



Fuente: Propia (2008)

4.1.2. Cocina Lorena

La cocina Lorena, es una tecnología rustica de bajo consumo de leña como lo menciona Kürmi, la misma que fue construida en toda la comunidad de Viluyo, con la ONG – OILTMA, la cual ya tenía un diseño de la cocina, y no se había visto en la zona hasta ese momento.

Son cocinas de construcción rustica pero mejoradas, ya que está hecha con materiales de arcilla, arena, guano de burro y paja, dichos materiales ayudan a la resistencia en el tiempo de dichas cocinas, cuenta con dos hornillas moldeadas. Esta cocina se encuentra construida sobre una base de entre 20 a 80 cm. sobre el suelo construido con material de adobe, sobre esta viene una edificación con el material ya mencionado con una altura de 35 cm, largo de 80cm y de ancho 50 cm., la peculiaridad de esta cocina es que tiene una chimenea en una de las esquinas posteriores con una altura de 3 mt que sobresalen al techo, como también una puerta metálica de 15 x 20 cm que tapa la entrada de la biomasa, como se muestra en la imagen 20 y se describió en el capítulo 2.

Imagen 20: Cocina Lorena a prueba



Fuente: Propia (2008)

A las familias que se seleccionaron para trabajar con la toma de datos, fueron a las primeras que se les construyó la cocina Lorena en el mes de Abril, ya que para la toma de datos, se tenía que tener las cocinas en funcionamiento, para evitar variabilidad en la toma de datos, ya que la cocina K'oncha ya lo tenían en uso.

4.2. Descripción de la biomasa vegetal

Para no tener variabilidad con el material vegetal, se inspecciono toda la zona perteneciente a la comunidad de Viluyo en el mes de Marzo, determinando los lugares donde existía mayor cantidad de especie de biomasa vegetal con la cual se iba a trabajar.

Una vez identificado los lugares, donde existía el material vegetal a investigar, el mes de Abril se procedió a la recolección de las mismas, para lo cual se tuvo que tener mucha observación al realizar dicha tarea.

Imagen 21: Inspección de la zona de trabajo – Viluyo



Fuente: Propia (2008)

4.2.1. Material vegetal Queñua

Se realizó la recolección de la Queñua en el mes de Abril, ya que los comunarios indicaron que era el mes adecuado para la recolección de la misma, porque después de este mes se entra a la época fría y seca, la cual sirve para el secado de la leña.

Imagen 22: Queñua en serranías de Viluyo



Fuente: Propia (2008)

Para la recolección de la Queñua, primeramente se tuvo que seleccionar ramas que tuviesen un diámetro entre 8 a 10 cm los cuales fueron medidos con vernier, posteriormente se pasó a desmenuzar y secar el material vegetal.

El material vegetal tuvo un secado de 5 meses, el mismo que se lo hizo extendiendo la Queñua en el suelo y directamente vista al sol, este trabajo se lo realizo hasta el mes de Agosto, tapando la leña en los momentos de lluvia.

4.2.2. Material vegetal Thola

Se realizó la recolección de la Thola en el mes de Abril, ya que los comunarios indicaron que era el mes adecuado para la recolección de la misma, porque después de este mes se entra a la época fría y seca, la cual sirve para el secado de la leña.

Para la recolección de la Thola, primeramente se tuvo que seleccionar plantas que tuviesen una altura entre 50 a 60 cm los cuales fueron medidos con flexómetro, posteriormente se pasó a secar el material vegetal.

Imagen 23: Thola en serranías de Viluyo



Fuente: Propia (2008)

El material vegetal tuvo un secado de 5 meses, el mismo que se lo hizo extendiendo la Thola en el suelo y directamente vista al sol, este trabajo se lo realizo hasta el mes de Agosto, tapando la leña en los momentos de lluvia.

4.3. Información Obtenida de los Registros (Cuantificación de GEI)

Durante dos meses (Agosto – Septiembre), se realizó la toma de datos en la comunidad de Viluyo, con el propósito de realizar la combustión de la biomasa vegetal en las diferentes cocinas en estudio.

Para evitar variabilidad en la toma de datos, se realizó el trabajo con dos familia de la comunidad, es decir con dos cocinas Koncha (fogón) y dos cocina Lorena (mejorada) las mismas que solo fueron utilizadas para el trabajo de investigación, y durante treinta días se tomaron datos en un mismo horario de 10:00 a 11:00 am y de 15:00 a 16:00 pm, horarios en que las cocinas de alta eficiencia energéticas no se encontraban en uso, de esta manera se obtuvieron 30 muestras por cocina.

Para la toma de datos, primeramente se procedió a pesar 2000 gr de las diferentes especies de biomasa vegetal seca (leña), posteriormente se procedió a medir en un recipiente un volumen de 2000 ml de agua, el cual se vació cada litro de agua en 2 ollas de aluminio por cocina.

Una vez que se tuvo las ollas con agua, se puso en las mismas un termómetro para medir la temperatura de ebullición en la primera hornalla, la cual nos indicaba que era el momento de apagar el fuego y pesar la leña que restaba, y así de esta manera obtuvimos el registro del peso por especie, que se utilizó para que el agua alcance el punto de ebullición en la zona que es de 82 °C, el cual se obtuvo como resultado, las tablas se pueden encontrar en Anexos.

Como datos de discusión, se obtuvo la temperatura que alcanza el agua en la segunda hornalla de las cocinas tanto Lorena como K´oncha, este dato se tomó en el momento en que la primera hornalla alcanzaba los 82°C de ebullición. También se obtuvo como dato el tiempo en que la primera hornalla llega al punto de ebullición en las dos cocinas y con

los dos tipos de biomasa vegetal. Dichos datos nos servirán para identificar las diferentes propiedades de los factores en estudio.

4.3.1. Variables evaluadas

4.3.1.1. Combustión de la biomasa vegetal

Para la obtención de los datos de combustión de la biomasa, se tomaron los datos del peso inicial de las diferentes especies, y realizando la combustión de las mismas se detuvo cuando el agua en el recipiente de aluminio alcanzo el punto de ebullición.

Posteriormente se llevó a la balanza digital la leña sobrante, obteniéndose de esa manera el peso final de la biomasa vegetal y realizándose las funciones matemáticas de diferencia, se obtuvo el peso consumido de las diferentes especies en las diferentes cocinas energéticas.

$$P_{util} = P_{inicial} - P_{final}$$

En la formula se muestra que el peso útil o consumido de la biomasa vegetal en sus diferentes especies es igual al peso inicial de la misma menos el peso que sobro después de la combustión.

Imagen 24: Combustión de biomasa en cocina K´oncha



Fuente: Propia (2008)

Imagen 25: Combustión de biomasa en cocina Lorena



Fuente: Propia (2008)

4.3.1.2. Emisión de Gases de Efecto Invernadero

Para la determinación de la emisión de Gases de Efecto Invernadero, primeramente se trabajó con el peso de la biomasa vegetal combustionada o utilizada, posteriormente se determinó por bibliografía que:

- 1 kg de leña quemada emite 1.8 kg de CO₂

Con este dato se realizó el cálculo de la cantidad de CO₂ que emite cada cocina, ya que es el principal Gas de Efecto Invernadero presente en la atmosfera, como también se determinó la cantidad de CO₂ que emite cada biomasa vegetal.

Imagen 26: Emisión de GEI al ambiente



Fuente: Propia (2008)

4.3.1.3. Eficacia de cocinas rusticas

Para obtener la eficacia de las cocinas Lorena y K'oncha, se tomó el lapso de tiempo en que hirvió el agua a los 82°C en la primera hornalla, como también se tomó la temperatura de la segunda hornalla de cada cocina en el mismo momento en el que llegó al punto de ebullición la primera hornalla.

Con los datos de tiempo, se procedió a obtener la eficiencia de cada una de las cocinas rusticas para su comparación y recomendación, la misma que se obtuvo dividiendo el consumo de biomasa sobre el tiempo que se ocupó para llegar al punto de ebullición de 82°C de dos litros de agua.

$$X = \frac{\text{consumo de biomasa (gr)}}{\text{tiempo de ebullicion de agua (min)}}$$

4.4. Materiales de apoyo

- Termómetros
- Cronometro
- Ollas de aluminio
- Recipiente con medida para agua
- Fósforos
- Balanza digital
- Registros para toma de datos
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Material de escritorio

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos durante el presente ensayo, fueron los siguientes:

5.1. PROMEDIOS GENERALES DEL CONSUMO DE DOS ESPECIES DE BIOMASA VEGETAL

Las especies de biomasa vegetal utilizadas como leña para la combustión en las diferentes cocinas, son materia seca compuesta principalmente de Carbono, el mismo, en contacto con fuego y oxígeno llega a arder, como lo confirma la FAO, que define la leña como madera en bruto de troncos y ramas de los árboles, utilizadas como combustible con fines tales como cocinar, calentarse o producir electricidad.

Los promedios generales del peso de la biomasa vegetal utilizados para la combustión, y alcanzar el punto de ebullición del agua en la primera hornalla, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 6: Promedios Generales de Peso Útil de la Biomasa Vegetal Thola

COCINA	Nº OBSERVACION	MEDIA (gr)	DESVIACION STANDARD
LORENA	30	566,70	± 25,70
K´ONCHA	30	812,91	± 25,67

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 6, se observa el consumo promedio en la combustión de la biomasa vegetal Thola, utilizada como leña en dos diferentes cocinas rústicas a base de barro, la cocina Lorena y la cocina K´oncha.

Además se observa en el cuadro anterior que en treinta observaciones, el consumo promedio de leña de Thola en la cocina Lorena, para alcanzar el punto de ebullición de 82°C en 2 lt de agua, es de 566.70 gr con un desvío estándar de ± 25.70 gr de la media.

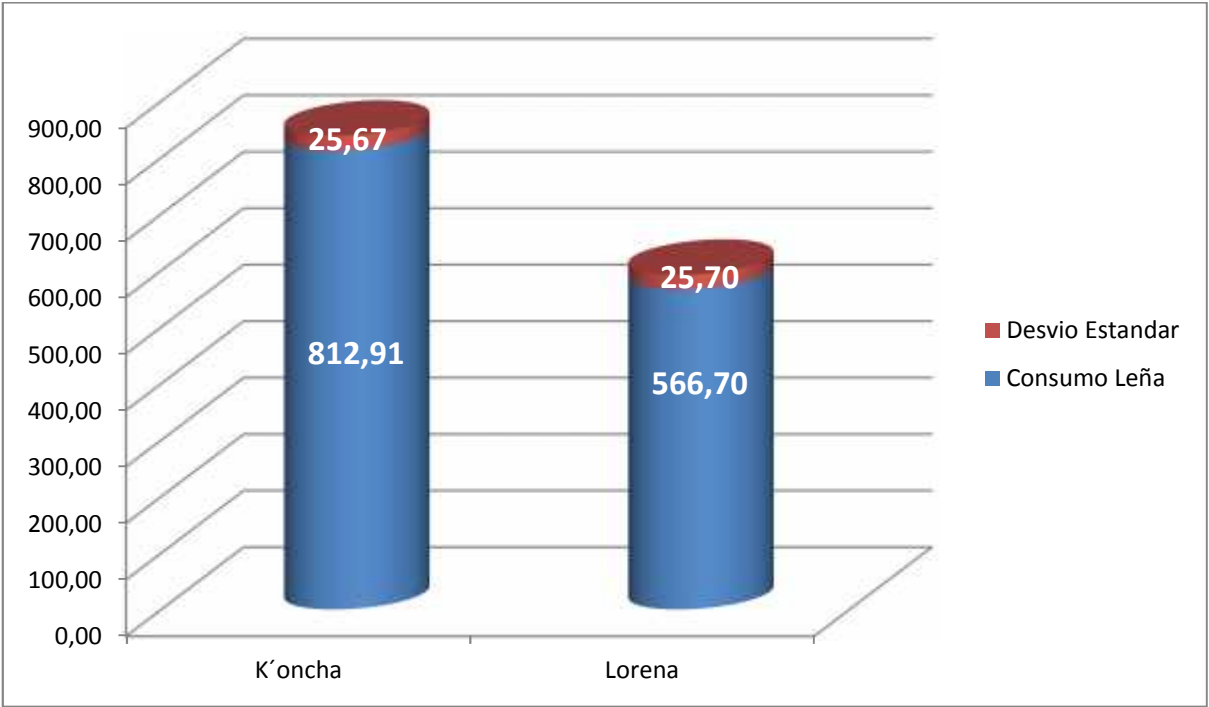
El mismo cuadro muestra, que en treinta observaciones, el consumo promedio de leña de Thola en la cocina K´oncha, para alcanzar el punto de ebullición de 82°C en 2 lt de agua, es de 812.91 gr con un desvío estándar de ± 25.67 gr de la media.

En ambas cocinas de construcción rústica, pero muy diferentes en su estructura, se observa que el desvío estándar es casi similar de 25.67 gr y 25.70 gr de leña, los mismos que son menos al 5 % del promedio de combustión, lo cual indica que se obtuvieron buenas muestras.

Con los datos obtenidos, se puede ver que es mejor utilizar la cocina Lorena para tener un menor consumo de Thola como leña, es así que Linares (2008), menciona que el uso de Baccharis es netamente como leña para combustible, excelente por su contenido resinoso, ardiendo tanto seca como verde, la misma que es recogida por los campesinos.

Se observó que esta especie arde muy bien en las diferentes cocinas rústicas elaboradas a base de barro, esto por su alto contenido de resina como lo menciona Linares, la Thola aún se puede encontrar en cercanías de los centros poblados como Viluyo, pero en poca densidad.

Grafico 4: Comparación de la Combustión de Leña de Thola en Dos Cocinas de Alta Eficiencia Energética (gr)



(Fuente: Elaboración propia)

En el gráfico 4, se muestra el consumo promedio de la Thola en dos diferentes cocinas rústicas a base de barro, Lorena y K´oncha, en las mismas podemos determinar que la cocina Lorena consume 566.70 gr de leña, y la cocina K´oncha consume 812.91 gr de leña, siendo la diferencia entre uno y otro de 177.21 gr. de leña equivalente al 30.29 % de ahorro de consumo de biomasa vegetal en la cocina Lorena.

Cuadro 7: Promedios Generales de Peso Útil de Biomasa Vegetal Queñua

COCINA	Nº OBSERVACION	MEDIA (gr)	DESVIACION STANDARD
LORENA	30	661,65	± 12,55
KONCHA	30	930,17	± 14,55

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 7, se observa el consumo promedio en la combustión de la biomasa vegetal Queñua, utilizada como leña en dos diferentes cocinas rústicas a base de barro, la cocina Lorena y la cocina K´oncha.

El consumo promedio de la Queñua como leña en la cocina Lorena, para llegar al punto de ebullición de 82°C, en 2 lt de agua, en treinta observaciones es de 661.65 gr con un desvío estándar de ±12.55 gr de la media.

El mismo cuadro muestra que la biomasa vegetal Queñua utilizada como leña en la cocina K´oncha, en 30 observaciones, se desviaron en promedio de 14.55 gr de 930.17 gr de la media.

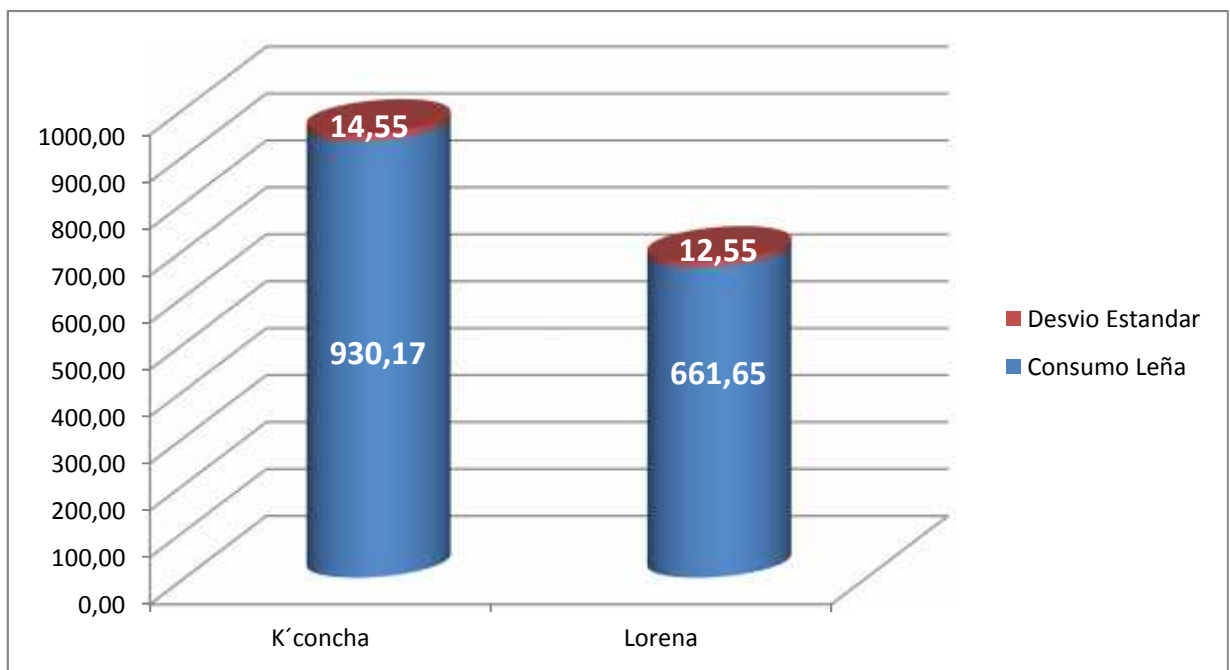
En ambas cocinas de construcción rústica, pero muy diferentes en su estructura, observamos que el desvío estándar es casi similar de 12.55 gr y 14.55 gr respectivamente, los mismos que son menor al 2 % del promedio de combustión, lo cual nos indica que se obtuvieron buenas muestras.

ZONISIG (2000), indica que los bosques de Polylepis son ecosistemas que albergan una fauna y flora única, especialmente aves con altos niveles de endemismo y que también representan uno de los hábitats más vulnerables de los altos andes por la fuerte presión antropogénica existente, ya que constituyen el único recurso maderable en esas alturas,

utilizadas para la construcción de corrales, mangos de herramientas, dinteles y como leña, esta especie posee propiedades medicinales, sirviendo también como forraje para animales domésticos.

Afirmamos lo mencionado anteriormente, ya que en Viluyo y las comunidades aledañas, *Polylepis* es muy utilizado para diferentes actividades como para leña, actualmente esta especie se encuentran muy distantes de los centros poblados, ya que por la utilización indiscriminada de la misma, fue retrocediendo de las áreas donde antes se las podía encontrar, como también la fauna y flora que se encuentra alrededor de las mismas se las extraña en las áreas de cultivo, porque las mismas cumplían funciones importantes en el ciclo del cultivo.

Grafico 5: Comparación de la Combustión de Leña de Queñua en Dos Cocinas de Alta Eficiencia Energética (gr)



(Fuente: Elaboración propia)

En elGráfico5, se muestra el consumo promedio de la Queñua en dos diferentes cocinas rustica a base de barro, Lorena y K'oncha, en la misma determinamos que la cocina Lorena consume 661.65 gr y la cocina K'oncha consume 930.17 gr, siendo la diferencia

entre uno y otro de 268.52 gr. equivalente al 28.9 % de ahorro de consumo de biomasa vegetal en la cocina Lorena.

Con lo visto anteriormente, el porcentaje de ahorro del consumo de las diferentes biomasa vegetal como son la Thola y la Queñua utilizadas como leña es casi similar con un 29.6 %, entre una cocina K'óncha y una cocina Lorena.

En las serranías de Viluyo, el proceso de degradación de los recursos naturales en comparación a la capacidad de recuperación, es bastante acelerado, reduciendo las áreas provistas de vegetación e incrementando el riesgo de extinción de especies propias de la región, tomando como ejemplo la *Polilepis sp.*, especie de importancia para nuestro estudio, y como también *Baccharis sp.*

Realizando el análisis que recomienda la AIF, que a las poblaciones les resulta cada vez más difícil y costoso el acceso a la madera y leña, que obtenerla supone recorrer distancias cada vez más grande y destruir la vegetación existente. Es evidente esta situación ya que los comunarios en Viluyo ya no encuentran con facilidad leña para la cocción de sus alimentos como lo hacían antes, es por esta razón que en el presente trabajo pudimos determinar que una de las innovaciones para ahorrar leña es la cocina Lorena, según los datos obtenidos y ajustados en los cuadros 6 y 7.

5.2. CONSUMO DE BIOMASA VEGETAL EN DOS COCINAS RUSTICAS DE ALTA EFICIENCIA ENERGETICA

Para poder obtener la combustión de biomasa vegetal en las cocinas de alta eficiencia energética, en su totalidad, se realizó la combustión de dos especies vegetales como son la Thola y la Queñua en las diferentes cocinas como son la cocina Lorena y cocina K´oncha, posteriormente en trabajo de gabinete, se sacó la media de la combustión de ambas especies de biomasa en cada cocina en estudio, obteniéndose así los datos que se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 8: Combustión de Biomasa vegetal en Cocinas de Alta Eficiencia Energética

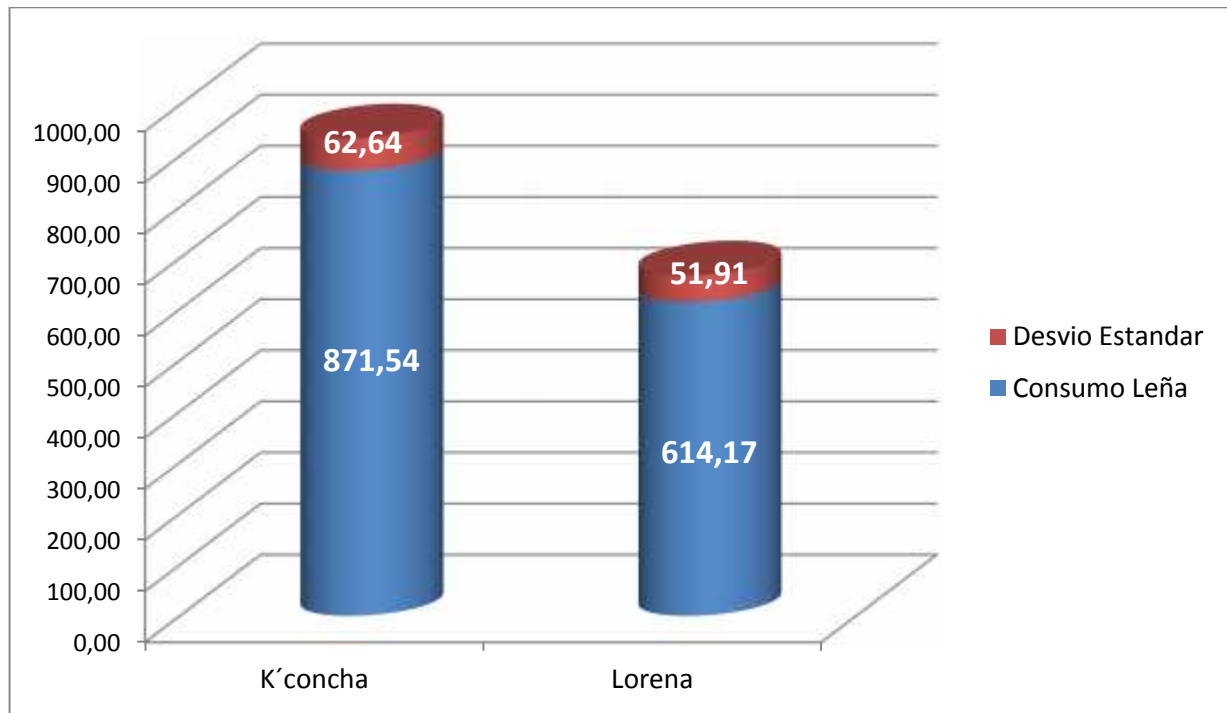
60 Observaciones	COCINA LORENA	COCINA K´ONCHA
Promedio (gr)	614.17	871.54
Desvío Estándar (gr)	51.91	62.64
Porcentaje (%)	70.5	100
Diferencia (gr)	(-) 257.37	

(Fuente: Elaboración propia)

En el cuadro 8, se observa el promedio de consumo de biomasa vegetal como leña, en las diferentes cocinas para llegar al punto de ebullición 82°C en 2 litros de agua, siendo que la cocina Lorena tiene un promedio de consumo de 614.17 gr y la cocina K´oncha un promedio de 871.54 gr observándose que entre ambos hay una diferencia de 257.37 gr.

Se puede determinar que la cocina Lorena tiene un ahorro de energía de 257.37 gr en leña equivalente a un 30 % menos que la cocina K´oncha para hacer hervir 2 litros de agua.

Grafico 6: Combustión de Biomasa Vegetal en Dos Cocinas Rusticas



(Fuente: Elaboración propia)

En el Gráfico 6, se muestra el consumo promedio de la Queñua y Thola en dos diferentes cocinas rustica a base de barro, Lorena y K'oncha, en la misma podemos determinar que la cocina Lorena consume 614.17 gr de leña de ambas especies, con un desvío estándar de ± 51.91 gr, y la cocina K'oncha consume 871.54 gr de leña de ambas especies, teniendo un desvío estándar de ± 62.64 gr.

De esta manera podemos determinar que la cocina Lorena Consume 257.37 gr de biomasa vegetal como leña de especies como la Queñua y Thola para hervir 2 lt. de agua, equivaliendo la misma al 30% de ahorro de leña.

No existe un texto que hable netamente de la cocina Lorena, pero podemos citar a Guzmán(2006), que nos indica que una Cocina CEL-4 tiene una diferencia de un 50% de eficiencia comparada con una cocina K'oncha, en cuanto a consumo de biomasa vegetal para la cocción de alimentos.

La información obtenida de Guzmán, indica que la diferencia de eficiencia entre una cocina CEL-4 y Koncha, es de 100 % y 50% respectivamente, siendo CEL-4 de una

diseño parecido a la Lorena la misma que tiene una eficiencia de 70 % con respecto a la cocina Koncha, lo que nos quiere que una cocina Lorena tiene un ahorro de un 30 % de leña, como se observa en la gráfica 7, con respecto a una cocina CEL-4 que tiene un ahorro de un 50%, ambos comparando con una cocina K´oncha

Entonces, podemos determinar que una cocina CEL-4 tiene una eficiencia de un 20 % más que una cocina Lorena, siendo ambos de diseño parecido, esto se debe a que la cocina CEL-4 tiene una estructura completamente de fierro, la cual calienta más rápidamente y con el calor que absorbe la misma hace que transmita el calor directamente a las ollas. Mientras que la cocina Lorena está hecha a base de Arcilla, la misma que al momento de ser utilizadas debe calentar la estructura de arcilla para una mejor eficiencia, y también se puede observar que el fuego va directamente a las ollas y no tiene ese plus para la cocción de los alimentos como lo tiene la CEL-4.

Según datos del PNCC (2008), una familia en el área rural para la cocción de sus alimentos combustiona un promedio de 10 kg de leña por día en una cocina Rustica K´oncha, también llamada Fogón, con estos datos obtenemos el siguiente cuadro.

Cuadro 9: Consumo de Biomasa Vegetal Como Leña por Familia
K´oncha vrs Lorena

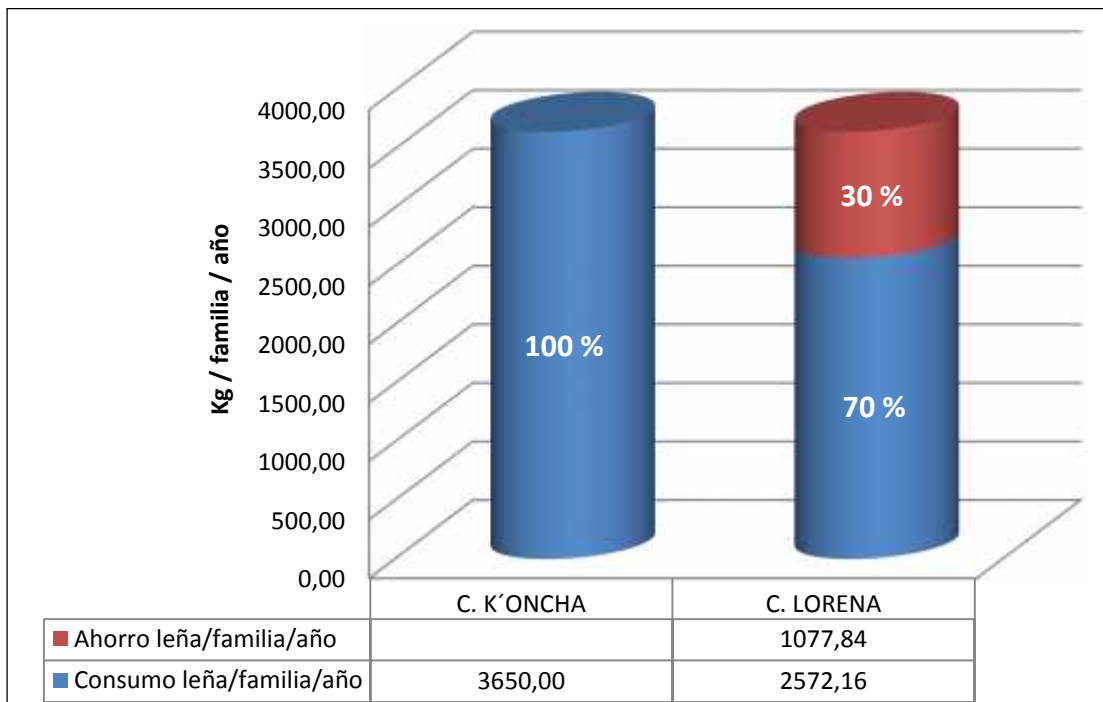
TIPO DE COCINA	CONSUMO POR FAMILIA (kg)			AHORRO LEÑA (kg/año)
	DIA	MES	AÑO	
K´ONCHA	10,00	300,00	3650,00	
LORENA	7,05	211,50	2572,22	(-)1076,75

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 9, se puede observar, según datos del PNCC y ajustando a los datos obtenidos, que la cocina rustica K´oncha tiene un consumo de 10Kg/día, 300 kg/mes y 3650 Kg de leña al año, mientras que la cocina Lorena tiene un consumo de 7.05 kg/día, 211,50 kg/mes y 2572.22 Kg de leña al año en una familia.

Con estos datos determinamos que la cocina Lorena, tiene un ahorro de 1077.84 Kg de leña al año en una familia, equivalente a un 30 % de ahorro de biomasa vegetal usadas para leña, como se muestra en el gráfico 7.

Grafico 7: Combustión de Biomasa Vegetal en Cocinas de Alta Eficiencia Energética (Familia / Año)



(Fuente: Elaboración propia)

En el Grafico 7, observamos que en la cocina Lorena una familia ahorra 1077.48 Kg de Biomasa vegetal para leña al año en la cocción de sus alimentos.

Observando estos resultados citamos a Torres et.al. (2012), que nos da más especificaciones sobre la cocina K'oncha, la cual permite cocinar los alimentos con leña de un modo sumamente ineficiente, ya que ofrece una serie de desventajas, permitiendo un consumo excesivo de combustible.

Entonces, afirmamos que la cocina K'oncha es eficiente para la cocción de los alimentos en ambas hornillas, pero así también consume una mayor cantidad de combustible, a comparación de una cocina Lorena que es eficiente para la cocción de una hornilla, pero no así para la segunda hornilla, por el sistema en "S" que aplica en su interior, pero esta

cocina tiene un ahorro de combustible y otros beneficios como lo describe Kürmi (2003), siendo estos:

- Reduce el humo dentro de la cocina.
- Utiliza poca leña y Phuru.
- Cocina rápido la comida.
- Las ollas ya no son q´estis.
- La construcción es sencilla.
- Mantiene el calor.

Según datos promedios obtenidos en estudio, refutamos la cocción rápida de alimentos que menciona Kürmi, ya que la primera hornalla de la cocina Lorena requiere de 49.15 minutos para hervir 2 lt de agua, mientras que la cocina K´oncha requiere de 48.57 minutos para hervir la misma cantidad del líquido elemento vital, determinando que la cocina K´oncha hierve el agua con 0.58 minutos antes que la cocina a prueba, siendo la misma casi igual.

Pero al realizar el trabajo de campo se observó que la segunda hornalla de la cocina K´oncha, llega a alcanzar una temperatura del agua de 75.55°C en dos litros de agua, mientras que la cocina Lorena en su segunda hornalla alcanzo una temperatura de 46.10°C en dos litros de agua, como se muestra en el siguiente cuadro:

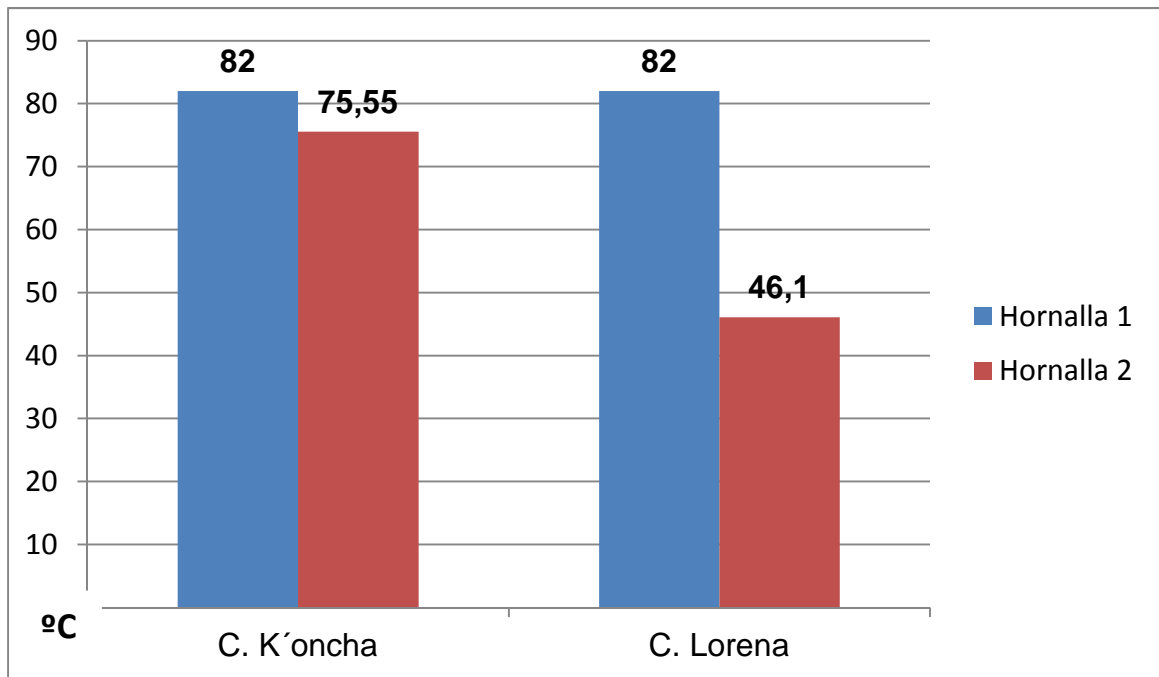
Cuadro 10: Tiempo de Combustión de Biomasa Vegetal en Relación a la Temperatura de las Hornallas

TIPO DE COCINA RUSTICA	Tiempo (min)	1ra Hornalla (°C)	2da Hornalla (°C)
K´ONCHA	48,57	82	75.55
LORENA	49.15	82	46.10

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 10, determinamos que en las segundas hornallas de las cocinas rusticas, hay una diferencia de 29,45°C, la misma que influye en la cocción de los alimentos haciéndola más eficiente a la cocina K´oncha en este aspecto, ya que sabemos que la gente de campo necesita cocinar rápidamente sus alimentos para ir a su faena diaria.

Grafico 8: Combustión de Biomasa Vegetal en Relación a la Temperatura de las Hornallas



(Fuente: Elaboración propia)

En el gráfico 8, observamos las temperaturas alcanzadas por dos cocinas de alta eficiencia energética en dos litros de agua, en la primera determinamos que la primera hornalla de la cocina K´oncha alcanza 82°C equivalentes a un 100%, y que la segunda hornalla llega a 75.55°C siendo un 92.13% en comparación a la primera, mientras que en la cocina Lorena la primera hornalla llega a 82°C de ebullición equivalente a un 100% , y la segunda llega a 46.1°C siendo un 56.22% con relación a la primera, siendo la misma de baja eficiencia.

En comparación de las segundas hornallas vemos que la cocina K´oncha es más eficiente que la cocina Lorena, pero con más combustión de biomasa vegetal como leña.

OILTMA (2008), menciona que la cocina Lorena tiene una estructura de canal para que pueda evacuar el humo proveniente de la combustión de leña; es por esta razón que llegamos a determinar que la cocina Lorena es menos eficiente en su segunda hornalla, ya que no tiene contacto directo con el fuego emitido por la combustión de biomasa, así como la cocina K´oncha que si tiene un contacto directo en sus dos hornallas.

Estimando que en la comunidad de Viluyo, todas las familias habitantes utilizaran la cocina Lorena, se tendría los siguientes datos mostrados en el siguiente cuadro.

Cuadro 11: Combustión de Biomasa Vegetal en Cocinas de Alta Eficiencia Energética
(Viluyo / Año)

TIPO DE COCINA RUSTICA	Consumo de Leña por Familia (kg/año)	Número de Familias en Viluyo	Consumo de Leña en Viluyo (Tn/año)	Mitigación de Biomasa Vegetal utilizada como leña (Tn/año)
K´ONCHA	3650,00	48	175,20	
LORENA	2572,22	48	123,47	51,73

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 11, determinamos que el consumo de leña por todas las familias que viven en la Comunidad de Viluyo donde se hizo el estudio, es de 175,20 Tn/año con la Cocina K´oncha y de 123,47 Tn/año con la cocina Lorena.

Entonces, se estima que si se utilizaría los 365 días del año la Cocina Lorena en vez de la Cocina K´oncha, se tuviese un ahorro de 51.73 Tn de biomasa vegetal utilizado como leña al año. Lo que nos indica se tuviese menos deforestación de especies vegetales en la zona.

Como refiere Martínez-Palacios (2004), que el rol de las plantas en el ciclo del Carbono, es el almacenamiento del mismo, como sumidero para la absorción de CO₂, y que a la vez se convierte en emisor de carbono al momento de su destrucción. Podemos determinar que si las plantas como la Thola y Queñua nos sirven como bancos de Carbono, y que estas especies las necesitamos como energía, entonces deberíamos utilizar tecnologías para utilizar menos las plantas y reforestar las áreas donde se perdieron estas especies.

5.3. EMISION DE GASES DE EFECTO INVERNADERO EN DOS COCINAS RUSTICAS DE ALTA EFICIENCIA ENERGETICA

Con los datos obtenidos de la combustión de biomasa vegetal en cocinas de alta eficiencia energética, se realizó el cálculo de la media de consumo de leña, y con los datos se obtuvo la Emisión de Gases de Efecto Invernadero en las diferentes cocinas que se sometieron a prueba.

Torres et.al. (2012), cita a Dieter Seifert (1998), D-Neuoetting (2000) y Antonio Creus S. (2004), indicando que por composición química de la madera, la relación entre el peso molecular del CO₂ y el C es de:

$$x = \frac{\text{Peso molecular del CO}_2}{\text{Peso molecular del C}}$$

$$x = \frac{44}{12} = 3,667 \text{ (CO}_2\text{/C)}$$

Entonces si en cada kilogramo de leña el 50% es carbono (C), la razón será de:

$$1 \text{ Kg Leña} = 3,667 \frac{\text{CO}_2}{\text{C}} * 0,5 \text{ kgC} = 1,83 \text{ kgCO}_2$$

Este dato utilizamos para encontrar la emisión de GEI, en específico del CO₂ que es el principal gas emitido por esta actividad.

Cuadro 12: Emisión de GEI en Cocinas de Alta Eficiencia Energética (Familia / Año)

		Unidad	K´ONCHA	LORENA	MITIGACION
Cantidad	Leña	Kg/año	3650,00	2572,22	1077,84
Emisión	CO2	Kg/año	6691,67	4715,73	1976,04

(Fuente: Elaboración Propia)

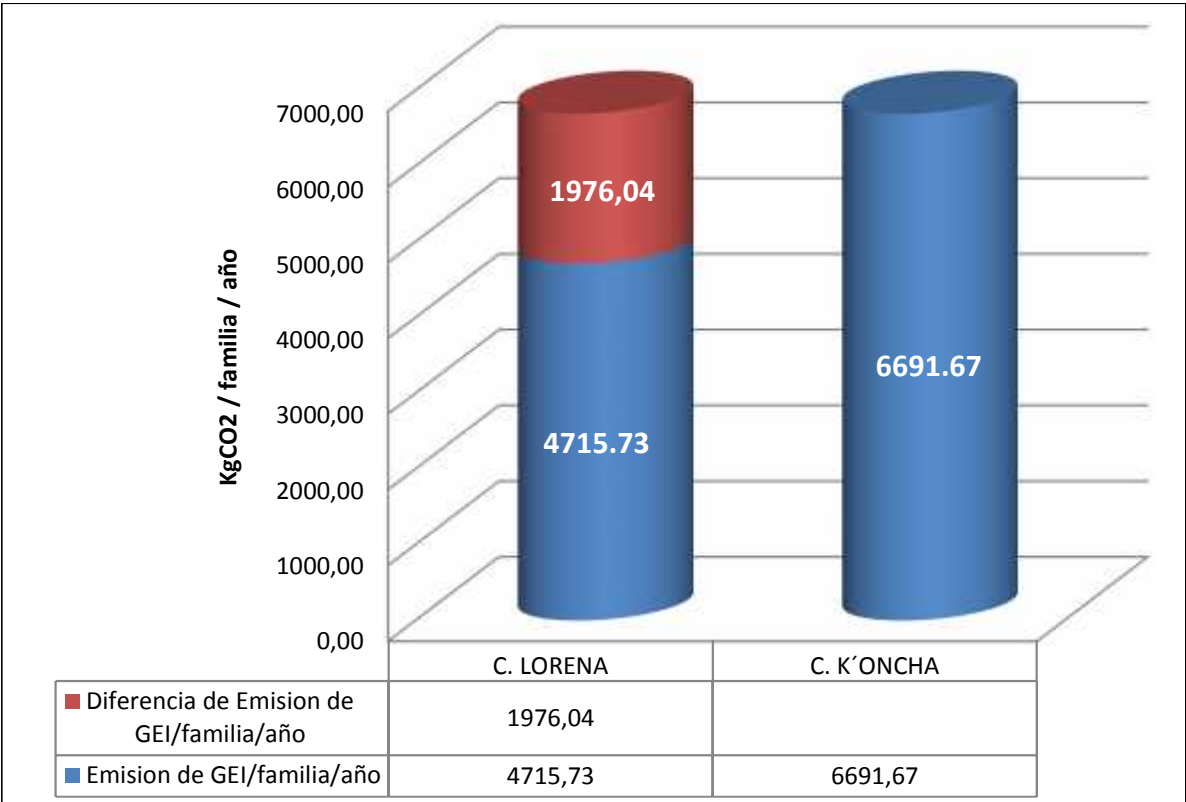
En este Cuadro 11, se observa el promedio de Emisión de Gases de Efecto Invernadero por familia, el cual nos dice que una familia emite actualmente en una cocina K´oncha

6691.67 Kg de CO₂ por año, por otra parte la misma familia tendría una emisión de 4715.73 Kg de CO₂ por año en una cocina Lorena.

También determinamos, que una familia utilizando la cocina Lorena, dejaría de contaminar el ambiente con 1976.04 Kg de CO₂ por año, lo cual ayudaría mucho a palear el calentamiento global.

Según la UPC (2000), la energía a nivel mundial proviene en un 44 % del petróleo y un 25 % del carbón, pero en la zona de estudio se puede observar que el 90 % de las familias utiliza la leña como energía para cocinar sus alimentos y un 10 % utiliza energías provenientes del petróleo como el GLP.

Grafico 9: Emisión de GEI (kgCO₂) en Dos Cocinas Rusticas (Familia / Año)



(Fuente: Elaboración propia)

Como se observa en este Grafico 9, que la cocina Lorena tiene bajas Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, la misma que corresponde a 4715.73 Kg de

CO₂/familia/año con una disminución de 1976.04 Kg de CO₂/familia/año, a comparación de una cocina tradicional K´oncha que emite 6691.67 Kg de CO₂/familia/año.

Cuadro 13: Emisión de GEI en Cocinas de Alta Eficiencia Energética en la Comunidad de Viluyo al Año

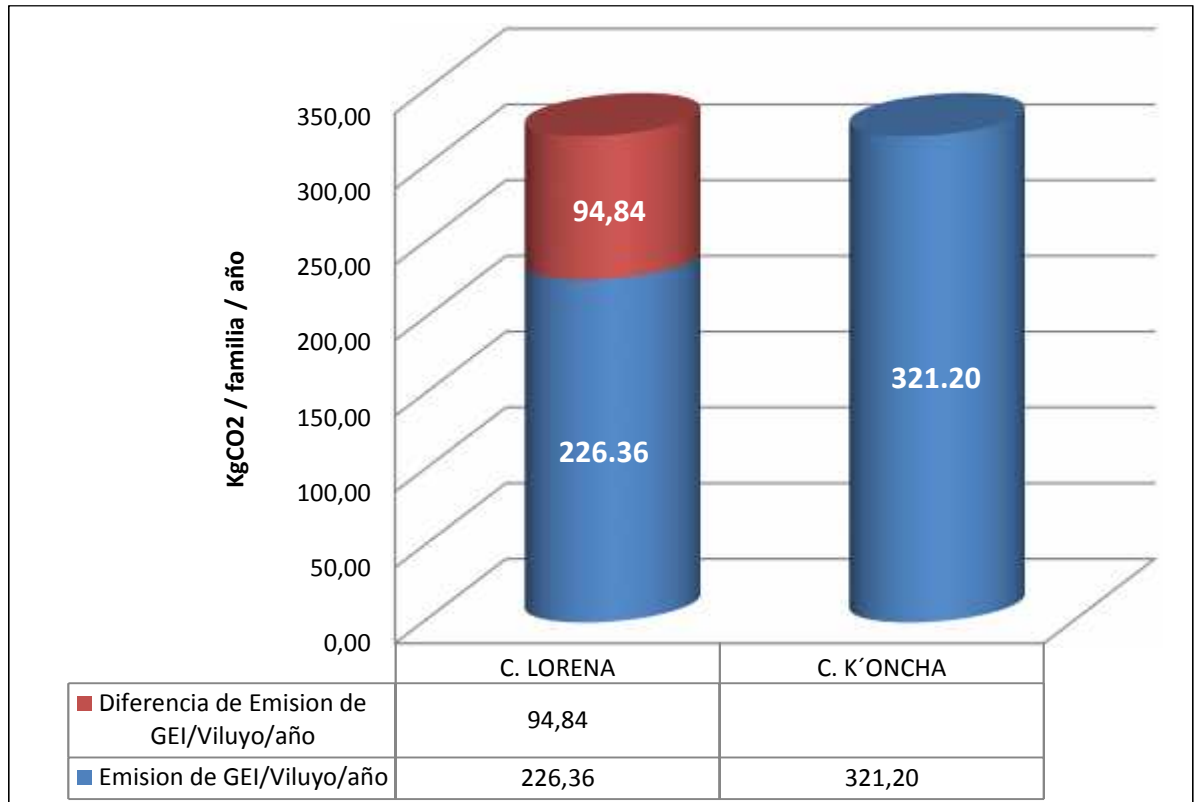
TIPO DE COCINA RUSTICA	Emisión de G.E.I. por Familia (kg CO₂/año)	Número de Familias en Viluyo	Emisión de G.E.I. en Viluyo (Tn CO₂/año)
K´ONCHA	6691,67	48	321,20
LORENA	4715,73	48	226,36

(Fuente: Elaboración propia)

En el Cuadro 13, se observa que la Emisión de Gases de Efecto Invernadero – GEI por todas las familias que viven en la Comunidad de Viluyo donde se hizo el estudio, es de 321.20 TnCO₂/año con la Cocina K´oncha y de 226,36 TnCO₂/año con la cocina Lorena.

La emisión de GEI por la quema de combustibles fósiles como la leña, han agregado grandes cantidades de CO₂ al medio ambiente, y como indica UPC (2000), los GEI emitidos por combustibles fósiles a la atmosfera son el 67 % del total mundial. Debemos estar alertas a esta situación, y ver tecnologías que nos ayuden a reducir esta emisión, como en este caso es la cocina Lorena en reemplazo de la cocina K´oncha, con la cual se reduce la emisión de GEI por la quema de biomasa vegetal para la cocción de alimentos como se muestra en el siguiente gráfico.

Grafico 10: Emisión de GEI (TnCO₂) en Dos Cocinas Rusticas (Viluyo / Año)



(Fuente: Elaboración propia)

En el gráfico 9, se estima el potencial de mitigación de GEI que se tuviera en la comunidad de Viluyo, si las 48 familias habitantes utilizaran durante un año la cocina mejorada Lorena, la misma que sería de 94.84 Tn de CO₂, equivalentes a una disminución del 30 % con respecto a las cocinas tradicionales que se utilizan en el campo como la K'oncha.

5.4. IDENTIFICACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para la identificación de los componentes ambientales e impactos ambientales se utilizará las matrices de causa y efecto.

En el cuadro 13, se muestra el resultado de la identificación de componentes ambientales como el aire, suelo, flora, fauna, social, económico y de interés humano, susceptibles de ser impactados por las actividades impactantes como: extracción de leña, búsqueda, recolección y traslado de leña, cocción de alimentos usando leña (queñua, thola) en cocinas tradicionales y exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales.

En el cuadro 14 se muestra, el resultado de la identificación de impactos ambientales sobre el medio abiótico aire, suelo, medio biótico, flora, fauna y el medio social, económico y de interés humano, susceptibles de ser impactados por las actividades impactantes como: extracción de leña, búsqueda, recolección y traslado de leña, cocción de alimentos usando leña en cocinas tradicionales y exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales.

Cuadro 14: Identificación de Componentes Ambientales Susceptibles de Recibir Impactos

COMPONENTES IMPACTANTES	CATEGORÍA AMBIENTAL	COMPONENTE AMBIENTAL	ASPECTO AMBIENTAL
1. Extracción de Leña 2. Búsqueda, recolección y traslado de leña 3. Uso de leña para Cocción de alimentos en cocinas tradicionales 4. Exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales	Medio Físico	Aire	Partículas en suspensión y gases de combustión en interiores
			Compuestos volátiles
			Captura de CO2
		Emisiones de CO2 a la atmósfera	
	Suelo	Paisaje	
		Calidad del suelo	
	Medio Biológico	Flora	Deforestación
		Fauna	Extinción y Migración de especies
	Socio-Económico Cultural	Social	Salud y seguridad alimentaria
			Conflictos socio ambientales
Interés Humano		Migración	
		Alteración del paisaje	

(Fuente: Elaboración propia)

Cuadro 15: Matriz de Impactos Potenciales Por Componente Ambiental

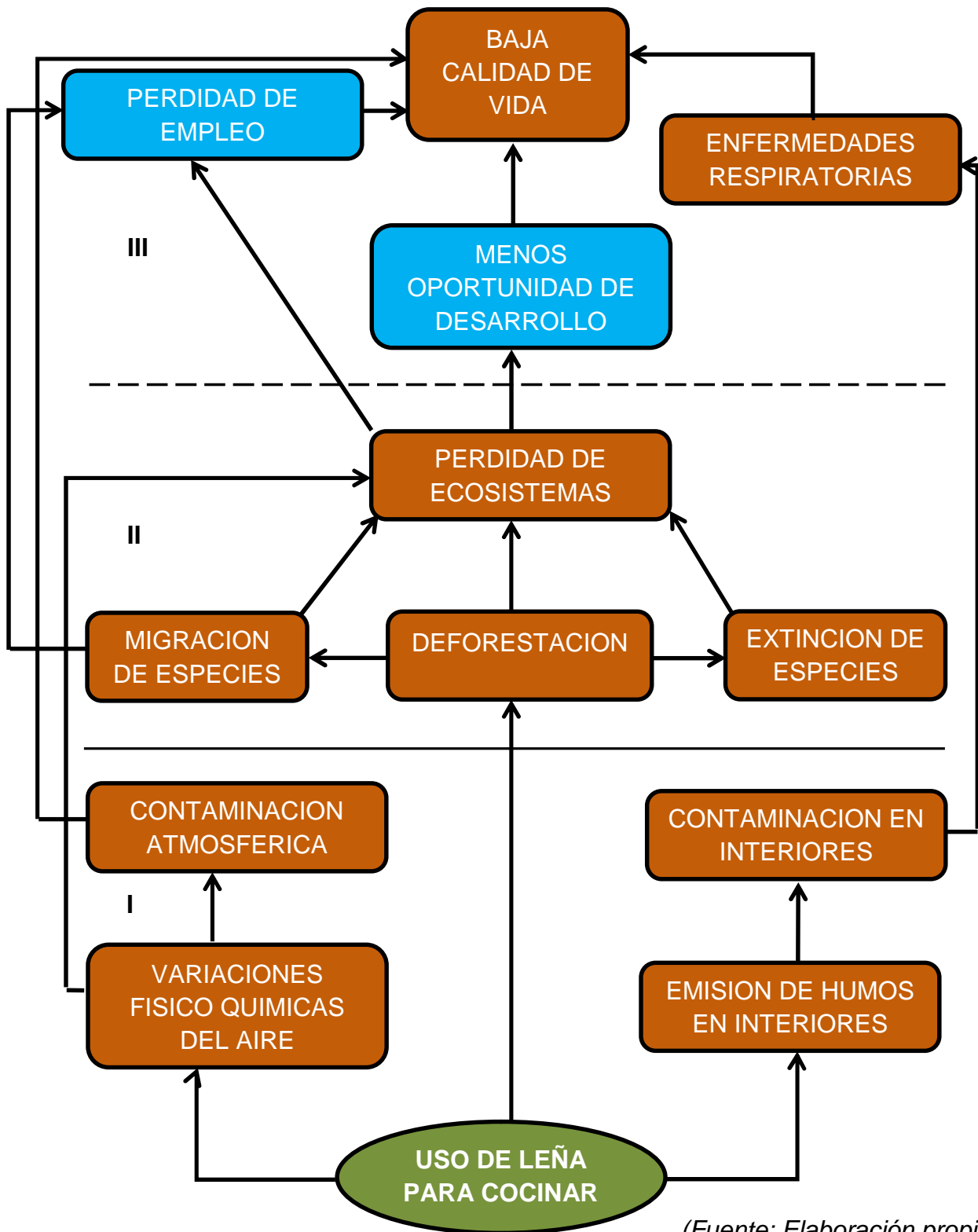
ACTIVIDAD	MATRIZ DE IMPACTOS POTENCIALES COMPONENTE AMBIENTAL										
	MEDIO FISICO						MEDIO BIOLÓGICO		MEDIO SOCIO-CULTURAL		
	Aire				Suelo		Flora	Fauna	Social	Interés Humano	
	Partículas en suspensión y gases en interiores	Emisiones de CO2 a la atmósfera	Compuestos volátiles	Captura de CO2	Calidad del suelo	Paisaje	Deforestación	Extinción y Migración de especies	Salud y seguridad alimentaria	Migración	Alteración del Paisaje
Extracción de Leña				X	X	X	X	X	X	X	X
Uso de leña para Cocción de alimentos en cocinas tradicionales	X	X	X		X		X	X	X	X	
Búsqueda, recolección y traslado de leña					X	X		X			X
Exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales	X		X						X	X	

(Fuente: Elaboración propia)

La metodología utilizada para la evaluación de los impactos ambientales (EIA), se logra con el análisis de los aspectos ambientales identificados y su interacción con los componentes ambientales que podrían verse afectados.

La escala de evaluación cualitativa de los impactos ambientales, se refiere al grado de incidencia de la actividad sobre un determinado componente ambiental. La variación de la calidad ambiental, establece si el cambio producido por las actividades en relación al estado inicial del componente ambiental, es decir, es beneficiosa o reduce la calidad ambiental. Es positivo (+) si mejora la calidad de un componente ambiental y es negativo (-) si reduce la calidad del mismo. En el diagrama de redes de la Gráfica 9, los números romanos indican lo siguiente: I Alteraciones en el Medio Físico; II Alteraciones en el Medio Biótico o Biológico y III Alteraciones en el medio Socio Económico y Cultural. Color naranja impacto altamente negativo, color celeste moderadamente negativo.

Grafico 11: Diagrama de Redes de Impactos Ambientales Negativos Debido a la Extracción y Uso de Leña en la Comunidad de Viluyo



(Fuente: Elaboración propia)

Para la evaluación cuantitativa de impactos ambientales se ha aplicado la metodología de Leopold modificada de acuerdo a las características de las actividades involucradas en el estudio de investigación. Se consideraron los siguientes criterios de evaluación: variación de la calidad ambiental (Vca), magnitud (Mg), extensión (Ex), persistencia (Per), capacidad de recuperación (Rec), sinergia (Si), significancia (Sg).

En esta parte se presenta la matriz de evaluación y valoración de impactos producidos por las actividades que conllevan a la obtención de leña para cocinar en la comunidad de Viluyo del municipio de Tomave. En el cuadro 15, se presenta la matriz de valoración y cuantificación de impactos ambientales.

Cuadro 16: Matriz de Valoración y Calificación de Impactos Ambientales en la Comunidad de Viluyo

COMPONENTE AMBIENTAL		IMPACTO	PARAMETRO DE VALORACION						SIGNIFICANCIA	CALIFICACION DE IMPACTO
			Var. Calidad Ambiental	Magnitud	Extensión	Persistencia	Recuperación	Sinergia		
Medio Biótico	Flora	Deforestación	(-)	3	2	3	2	3	-17	Altamente Negativo
	Fauna	Migración y extinción de especies	(-)	3	2	3	3	3	-17	Altamente Negativo
Medio Abiótico	Calidad de Aire	Contaminación del aire por partículas en suspensión y gases de combustión	(-)	3	1	2	1	3	-13	Altamente Negativo
		Contaminación del aire por compuestos volátiles	(-)	2	1	2	1	3	-11	Moderadamente Negativo
		Emisión de CO2 a la Atmósfera	(-)	2	1	2	1	2	-10	Moderadamente Negativo
		Captura de CO2	(-)	3	2	3	2	3	-17	Altamente Negativo
	Calidad de Suelo	Paisaje	(-)	3	2	2	2	0	-12	Moderadamente Negativo
		Alteración de las características del suelo	(-)	3	1	3	2	3	-15	Altamente Negativo
Medio Socio-Cultural	Salud y Seguridad Alimentaria	Riesgo de enfermedades y quemaduras	(-)	2	1	2	2	3	-12	Moderadamente Negativo
	Alteración de Paisaje	Alteración de la percepción visual	(-)	3	2	3	3	0	-14	Altamente Negativo
	Migración	Abandono de tierras y centros poblados	(-)	2	2	2	2	0	-10	Moderadamente Negativo

(Fuente: Elaboración propia)

La contaminación en interiores, se da por la combustión de la biomasa en fogones abiertos de manera incompleta e incontrolada y genera, por ello, una gran cantidad de partículas y gases contaminantes. De acuerdo con Cooper (citado por Torres et.al., 2012), la quema de biomasa en fogones abiertos genera diecisiete sustancias consideradas "contaminantes prioritarios" por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), para las cuales existe evidencia de toxicidad; más de catorce compuestos carcinógenos; seis tóxicos para los cilios y agentes mucocoagulantes; y cuatro precursores del cáncer.

En Viluyo, el interior de las viviendas, particularmente en las cocinas, ocurre la mayor exposición a estos contaminantes, siendo las mujeres y los niños la población mayormente expuesta, por pasar la mayor parte del tiempo en la cocina, están expuestas durante periodos de tres a seis horas diarios a niveles muy altos de contaminantes durante muchos años. Las concentraciones de partículas superan ampliamente las concentraciones consideradas como permisibles de acuerdo con normas internacionales establecidas para la calidad del aire en ambientes exteriores.

La exposición a contaminantes emitidos por fogones abiertos puede producir efectos adversos a la salud. La mayor cantidad de contaminantes se concentra en el interior de las viviendas y sus efectos a la salud dependen de factores como nos dice Smith (citado por Torres et.al., 2012): Emisión, depende de la cantidad y tipo del combustible empleado y características de la combustión y estufa. Concentración, determinada por la cantidad de emisiones, por las condiciones interiores de ventilación y por la temperatura interior y exterior. Exposición, función directa del tiempo de permanencia en el ambiente contaminado y de la concentración en el mismo. La dosis, depende del tiempo de exposición, de las condiciones de respiración y características del contaminante, vulnerabilidad, la edad, sexo, estado socio-económico, historia clínica y estilo de vida son algunos factores determinantes que influyen en la vulnerabilidad de una persona.

Según la CEPIS-OPS/OMS (2006), existe evidencia consistente de que la contaminación intramuros debida a la utilización de biomasa al interior de la vivienda aumenta significativamente el riesgo de infecciones respiratorias agudas en niños y de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en adultos.

Hay evidencia de la relación entre la exposición a contaminantes y la incidencia de infecciones en las vías respiratorias superiores, otitis media, asma, cáncer de tracto nasofaríngeo y de la laringe, tuberculosis pulmonar, insuficiencia ponderal del recién nacido y mortalidad de lactantes, así como de cataratas e infecciones oculares. Una de las limitaciones principales de los estudios en salud humana es la falta de información sistemática y detallada de contaminación interior y de exposición personal, CEPIS-OPS/OMS (2006).

6. CONCLUSIONES

Para las poblaciones más pobres y alejadas de Bolivia, la leña es una fuente primaria de energía vital; nueve de cada diez de estas personas dependen de la biomasa como fuente principal de combustible.

Haciendo énfasis en el consumo de biomasa vegetal Thola (*Baccharis sp.*) en dos cocinas rústicas de alta eficiencia energética, concluimos que la cocina Lorena tiene 246.21 gr de consumo menos al día que una cocina K´oncha al hervir dos litros de agua, teniendo un ahorro de un 30.29 % de energía.

El consumo de biomasa vegetal Queñua (*Polylepis sp.*), en la cocina Lorena es 268.52 gr. menos que en la cocina K´oncha para hervir dos litros de agua, teniendo un 28.87 % de ahorro de energía.

El consumo de biomasa vegetal Thola (*Baccharis sp.*) y Queñua (*Polylepis sp.*), en las dos cocinas es diferente, siendo el más eficiente en ahorro de energía la cocina Lorena en estudio con un promedio en ambas de 29.5 %.

El consumo de biomasa vegetal como leña, es menor en la cocina Lorena, teniendo un consumo de 7.05 kg/familia/día, siendo el consumo de la cocina K´oncha de 10 Kg/familia/día.

El consumo de biomasa vegetal como leña, es menor en la cocina Lorena, teniendo un consumo de 2572.16 kg/familia/año, en relación de la cocina K´oncha con un consumo de 3650 Kg/familia/año, haciendo un ahorro de 1077.84 Kg de leña por familia al año.

Haciendo la comparación de la eficiencia de ambas cocinas para hervir 2 lt de agua, se determinó que la cocina K´oncha en su primera hornalla, cuando el agua llega al punto de ebullición de 82°C, la segunda hornalla se encuentra con una temperatura de 71.73 °C; mientras que en la cocina Lorena cuando la primera hornalla llega a los 82°C de ebullición del agua, la segunda hornalla se encuentra a 40.60°C; habiendo una diferencia de 31.13°C en la temperatura del agua en las segundas hornallas de cada cocina.

En la comunidad de Viluyo, las 48 familias al realizar la cocción de sus alimentos y calentamiento de agua en la cocina K´oncha, utilizan 175.20 Tn/año de biomasa vegetal como leña. Estimando que todas las familias realizaran sus actividades anteriores utilizando la cocina mejorada Lorena consumirían 123.47 Tn/año de leña, teniendo una baja de 51.73 Tn de leña por año.

Una familia con la Cocina K´oncha emite una cantidad de 6691.67 Kg de CO₂ por año, mientras que con una cocina Lorena llega a emitir 4715.73 Kg de CO₂ al ambiente por año, al utilizar solamente la cocina Lorena, se dejaría de emitir 1976.04 Kg de CO₂ al ambiente por año.

Todas las familias de la comunidad de Viluyo, emiten una cantidad de 321.20 Tn de CO₂ por año con la cocina K´oncha, mientras que con una cocina Lorena llegaría a emitir 226.36 Kg de CO₂ al ambiente por año, si toda la comunidad utilizaría solamente la cocina Lorena, se dejaría de emitir 94.84 Tn de CO₂ al ambiente por año.

La evaluación y valoración de impactos producidos por las actividades que conllevan a la emisión de Gases de Efecto Invernadero durante la combustión de biomasa vegetal como leña en la cocina rustica de alta eficiencia energética, en la comunidad de Viluyo son:

En la Flora, deforestación, impacto altamente negativo.

En la Fauna, migración de especies, impacto altamente negativo.

En la Calidad de Aire, contaminación del aire por partículas en suspensión y gases de combustión, impacto altamente negativo; contaminación del aire por compuestos volátiles, impacto moderadamente negativo; emisión de CO₂ a la atmosfera, impacto moderadamente negativo; captura de CO₂, impacto altamente negativo.

En la Calidad del Suelo, paisaje, impacto moderadamente negativo.

En la Salud y Seguridad Alimentaria, riesgo de enfermedades y quemaduras por ser la cocina rustica sin protección y generar humo y hollín al interior del ambiente, impacto moderadamente negativo.

En la Alteración del Paisaje, alteración de la percepción visual por la deforestación de las principales especies vegetales Queñua y Thola, impacto altamente negativo.

En la Migración, abandono de tierras y centros poblados por falta de componentes bióticos, impacto moderadamente negativo.

Como conclusión final en el presente trabajo, se comprobó que la implementación de la cocina mejorada Lorena, generara menos consumo de biomasa destinado a la quema para la cocción de alimentos, y asimismo se mitigara la emisión de Gases de Efecto Invernadero y por su importancia el CO₂ al Medio Ambiente.

7. RECOMENDACIONES

Siendo las emisiones de dióxido de carbono por la combustión de biomasa vegetal una de las más importantes, se recomienda implementar la construcción de estas Cocinas mejoradas Lorena, y sensibilizar a las personas sobre el uso de esta innovación que hace bien al medio ambiente y a nuestra salud.

Por la carencia en los materiales de estudio, se recomienda seguir investigando sobre estas tecnologías de estufas mejoradas, que se construyeron en diferentes modelos, y así solucionar el problema que se encontró en esta tesis de la funcionalidad de la segunda hornalla, para una mayor confianza de las familias.

Las autoridades regionales y locales deben planificar en corto plazo un programa con tecnologías limpias y renovables para solucionar el problema de la emisión de GEI en el área rural.

Se recomienda realizar una reforestación en la zona de estudio, específicamente en los lugares donde antes existían estas especies vegetales como son la Queñua y la Thola.

Debemos pensar en dejar un mundo mejor o igual en el que vivimos para nuestras futuras generaciones, dejando en lo posible de emitir Gases de Efecto Invernadero, provenientes de cualquier tipo de actividad que realicemos y así lograr una mejor forma de vida.

Por otro lado se deben aprovechar las sugerencias sobre posibles formas para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) a través de la transmisión de valores, inicio de procesos de sensibilización, concienciación y educación, para explicar los peligros de la contaminación y el Cambio Climático y luego pasar la difusión y cumplimiento de las normas y leyes ambientales.

Concientizar a la población boliviana, sobre el estado de vulnerabilidad en el que nos encontramos actualmente con respecto al cambio climático, y los riesgos que van corriendo los agricultores con los efectos climáticos como las heladas, sequías, entre otros, que afectan a una seguridad alimentaria.

8. BIBLIOGRAFÍA

AIF. 1992. Asociaciones Interinstitucionales Forestales. III Jornadas forestales del altiplano boliviano. FAO. PP: 6 – 9, 18, 80, 81, 136,137, 166. Oruro – Bolivia.

CALLE, P. 2008. Comunicación personal (Constructor de cocinas Lorena ONG-OILTMA). Potosí – Bolivia.

CANNELL. 2002. El calentamiento global y la industria de la exploración y producción. www.slb.com. (verificado el 20/12/2010).

CEPIS-OPS/OMS. 2006. Evaluación de Impacto Ambiental. <http://www.cepis.ops-oms.org>

CRID. 1998. Gases de efecto invernadero. www.crid.or.cr/crid/CD_Honduras/pdf/spa/doc14685/doc14685-2.pdf. (verificado 20/12/2010).

FLORES, M. 1995. Inventario de emisiones y sumideros de gases de efecto invernadero de Honduras. Proyecto HON/97/G31 Cambio Climático. Universidad Nacional Autónoma – Honduras.

FRAGOSO, P. LOPEZ I. 2003. Estimación del contenido y captura de carbono en biomasa Aérea del predio “Cerro Grande”, municipio de Tancitaro Michoacán Mx., Tesis de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Agrobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás – México.

GUZMÁN, I. 2006. Tesis: “Evaluación operacional de fogones y cocina eficiente a leña CEL-4 y análisis de impacto sobre la calidad de vida en Moyapampa, Totora, Cochabamba”. Universidad Católica Boliviana. Energética. Licenciatura. Cochabamba – Bolivia.

INE. 2002. Instituto Nacional de Estadística. Censo Nacional de Población y Vivienda 2001. www.ine.gov.bo (verificado el 15/12/2010). La Paz – Bolivia.

INZUNZA, J. 2003. Meteorología descriptiva. 5ta versión. Santiago – Chile.

IPCC. 2001. Tercer Informe de Evaluación, Cambio Climático, La Base Científica, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático. www.ipcc.ch. (verificado el 10 de Noviembre de 2010).

IPCC. 2005. La captación y el almacenamiento de dióxido de carbono. Informe especial Ginebra. www.ipcc.ch. Chile.

KÜRMI, ONG. 2003. Video educativo: “Construcción de Cocinas Lorena en Sur Aroma”. AVC Producciones. La Paz – Bolivia.

LINARES. 2008. Revista chilena de flora y vegetación. www.chlorischile.cl/Linares/linares.htm (verificado el 26/05/2011). Chile.

MACUSAYA, J. 2008. Proyecto “Optimización de energía y disminución en la emisión de gases de efecto invernadero a través de la construcción de cocinas Lorena para familias yureñas pertenecientes al ayllu originario Jila – Tacora”. Taller comunal. Potosí – Bolivia.

MAMANI, X. RIVERA C. (2010). Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas con Aplicación de S.I.G. Módulo X. Gestión de Riesgos Aplicado a Cuencas. Potosí – Bolivia.

MARTÍNEZ, A. PALACIOS, J. 2004. Cuantificación de Captura y Fijación de Carbono, en plantaciones Forestales, en la Meseta de los Cuchumatanes.

MDSyMA/PNCC. 1997. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente / Programa Nacional de Cambio Climático. Vulnerabilidad y Adaptación de los Ecosistemas al posible Cambio Climático y Análisis de Mitigación de Gases de Efecto Invernadero. Impreso Artes Gráficas latinas. La Paz – Bolivia.

MMAyA/VMAByCC. 2010. Ministerio de Medio Ambiente y Agua / Viceministerio de Medio Ambiente Biodiversidad y Cambio Climático. Estrategia Nacional de Educación y Comunicación para el Cambio Climático. Imprenta Editorial – Artes Gráficas COLOR. La Paz – Bolivia.

MPD/PNCC. 2006. Ministerio de Planificación del Desarrollo / Programa Nacional de Cambio Climático. Módulos para la Enseñanza en Cambio Climático. 2da. Edición. Impreso OGP Internacional. La Paz – Bolivia.

OILTMA, ONG. 2008. Proyecto “Optimización de energía y disminución en la emisión de gases de efecto invernadero a través de la construcción de cocinas Lorena para familias yureñas pertenecientes al ayllu originario Jila – Tacora”. Potosí – Bolivia.

ONU. 1992. Organización de Naciones Unidas. “Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”. Kioto – Japón.

ORDÓÑEZ. DÍAZ. 2001. Captura de Carbono en un Bosque Templado: El Caso de San Juan Nuevo, Michoacán. Instituto Nacional de Ecología (INE), Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAT). México DF

PNCC. 2001. Programa Nacional de Cambio Climático. Inventario de Emisiones 1990 – 2000. La Paz – Bolivia.

PNCC. 2003. Programa Nacional de Cambio Climático. Informe Nacional. La Paz-Bolivia. s.e., s.l

SENAMHI. 2009. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.(página web). La Paz – Bolivia.

TORRES, H. AGREDA, J. POLO C. 2012. Evaluación de impacto ambiental producido por el uso de cocinas tradicionales en el área de conservación regional Vilacota-Maure. Tacna – Perú.

UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CATALUÑA. 2000. “Incremento del CO2”. <http://bibliotecnica.upc.es>. (verificado el 15/12/2010). Cataluña – España.

ZONISIG.2000. Zonificación Agroecológica y Socioeconómica del Departamento de Potosí. MDSMA, DHVITC, Prefectura del Departamento. Potosí – Bolivia.

ANEXOS

TABLA DE DATOS 1

Comunidad: VILUYO

Cocina: LORENA

Biomasa: THOLA

Nro.	Vol i (cc)	Peso i (gr)	Temp 1 (°C)	Temp 2 (°C)	Tiempo (min)	Peso f (gr)	Peso Util (gr)	Vol f 1 (cc)	Vol f 2 (cc)
1	2000	2000,00	82	42	30,00	1416,40	583,60	900	985
2	2000	2000,00	82	41	31,00	1417,12	582,88	900	995
3	2000	2000,00	82	37	30,00	1473,20	526,80	925	985
4	2000	2000,00	82	40	25,00	1473,20	526,80	950	990
5	2000	2000,00	82	45	20,00	1473,20	526,80	930	990
6	2000	2000,00	82	41	30,00	1412,48	587,52	925	990
7	2000	2000,00	82	39	28,00	1419,80	580,20	910	980
8	2000	2000,00	82	43	25,00	1410,20	589,80	920	985
9	2000	2000,00	82	42	25,00	1420,00	580,00	910	990
10	2000	2000,00	82	38	26,00	1430,00	570,00	930	990
11	2000	2000,00	82	40	24,00	1462,00	538,00	925	980
12	2000	2000,00	82	41	23,00	1462,30	537,70	930	980
13	2000	2000,00	82	39	28,00	1410,41	589,59	930	985
14	2000	2000,00	82	43	29,00	1410,20	589,80	925	985
15	2000	2000,00	82	40	28,00	1410,35	589,65	920	990
16	2000	2000,00	82	41	25,00	1415,00	585,00	910	990
17	2000	2000,00	82	45	26,00	1425,60	574,40	930	985
18	2000	2000,00	82	42	23,00	1470,30	529,70	930	985
19	2000	2000,00	82	39	22,00	1465,23	534,77	920	990
20	2000	2000,00	82	40	21,00	1440,26	559,74	925	990
21	2000	2000,00	82	40	21,00	1412,25	587,75	915	985
22	2000	2000,00	82	39	26,00	1410,25	589,75	910	980

23	2000	2000,00	82	42	25,00	1411,00	589,00	930	980
24	2000	2000,00	82	41	28,00	1415,60	584,40	920	980
25	2000	2000,00	82	40	26,00	1413,23	586,77	915	980
26	2000	2000,00	82	38	25,00	1411,25	588,75	900	985
27	2000	2000,00	82	37	22,00	1466,23	533,77	920	990
28	2000	2000,00	82	40	21,00	1465,46	534,54	930	990
29	2000	2000,00	82	43	20,00	1466,30	533,70	910	985
30	2000	2000,00	82	40	31,00	1410,23	589,77	910	980
			PROMEDIO	40,6	25,47		566,70		
			DESV EST		3,32942299		25,7002037		

TABLA DE DATOS 2

Comunidad: VILUYO

Cocina: K'ONCHA

Biomasa: THOLA

Nro.	Vol i (cc)	Peso i (gr)	Temp 1 (°C)	Temp 2 (°C)	Tiempo (min)	Peso f (gr)	Peso Util (gr)	Vol f 1 (cc)	Vol f 2 (cc)
1	2000	2000,00	82	80	45,00	1161,04	838,96	880,00	920,00
2	2000	2000,00	82	79	25,00	1186,40	813,60	930,00	940,00
3	2000	2000,00	82	79	30,00	1199,80	800,20	940,00	950,00
4	2000	2000,00	82	62	20,00	1223,20	776,80	960,00	990,00
5	2000	2000,00	82	65	20,00	1223,20	776,80	930,00	970,00
6	2000	2000,00	82	60	25,00	1177,12	822,88	900,00	965,00
7	2000	2000,00	82	65	22,00	1160,00	840,00	895,00	940,00
8	2000	2000,00	82	68	26,00	1161,00	839,00	910,00	970,00
9	2000	2000,00	82	70	26,00	1172,50	827,50	965,00	960,00
10	2000	2000,00	82	72	26,00	1194,20	805,80	950,00	965,00
11	2000	2000,00	82	72	31,00	1152,40	847,60	960,00	950,00
12	2000	2000,00	82	78	30,00	1172,50	827,50	930,00	920,00
13	2000	2000,00	82	76	27,00	1183,26	816,74	945,00	935,00
14	2000	2000,00	82	77	21,00	1152,40	847,60	950,00	945,00
15	2000	2000,00	82	76	29,00	1182,12	817,88	965,00	965,00
16	2000	2000,00	82	68	28,00	1190,21	809,79	920,00	945,00
17	2000	2000,00	82	65	28,00	1218,00	782,00	950,00	980,00
18	2000	2000,00	82	64	23,00	1152,20	847,80	945,00	975,00
19	2000	2000,00	82	64	25,00	1220,00	780,00	930,00	960,00
20	2000	2000,00	82	76	27,00	1224,87	775,13	920,00	965,00
21	2000	2000,00	82	71	24,00	1195,40	804,60	940,00	940,00
22	2000	2000,00	82	72	23,00	1192,10	807,90	915,00	935,00

23	2000	2000,00	82	75	21,00	1214,14	785,86	900,00	980,00
24	2000	2000,00	82	68	25,00	1161,00	839,00	910,00	975,00
25	2000	2000,00	82	74	23,00	1229,10	770,90	900,00	935,00
26	2000	2000,00	82	72	29,00	1229,00	771,00	905,00	920,00
27	2000	2000,00	82	70	25,00	1160,00	840,00	910,00	930,00
28	2000	2000,00	82	68	26,00	1160,00	840,00	915,00	940,00
29	2000	2000,00	82	69	25,00	1182,40	817,60	935,00	960,00
30	2000	2000,00	82	67	23,00	1183,20	816,80	930,00	970,00
			PROMEDIO	70,73	25,93		812,91		
			DESV EST		4,66		25,67		

TABLA DE DATOS 3

Comunidad: VILUYO

Cocina: LORENA
Biomasa: QUEÑUA

Nro.	Vol i (cc)	Peso i (gr)	Temp 1 (°C)	Temp 2 (°C)	Tiempo (min)	Peso f (gr)	Peso Util (gr)	Vol f 1 (cc)	Vol f 2 (cc)
1	2000	2000,00	82	45	70,00	1326,20	673,80	850,00	910,00
2	2000	2000,00	82	55	80,00	1355,00	645,00	900,00	960,00
3	2000	2000,00	82	48	73,00	1353,50	646,50	860,00	915,00
4	2000	2000,00	82	47	73,00	1350,20	649,80	875,00	925,00
5	2000	2000,00	82	49	72,00	1305,00	695,00	880,00	930,00
6	2000	2000,00	82	51	71,00	1329,20	670,80	880,00	935,00
7	2000	2000,00	82	52	74,00	1335,00	665,00	860,00	920,00
8	2000	2000,00	82	55	74,00	1353,20	646,80	875,00	930,00
9	2000	2000,00	82	56	73,00	1330,00	670,00	880,00	955,00
10	2000	2000,00	82	53	78,00	1335,20	664,80	890,00	950,00
11	2000	2000,00	82	54	77,00	1330,30	669,70	895,00	950,00
12	2000	2000,00	82	57	79,00	1325,00	675,00	865,00	925,00
13	2000	2000,00	82	45	80,00	1331,00	669,00	845,00	910,00
14	2000	2000,00	82	48	76,00	1333,00	667,00	890,00	915,00
15	2000	2000,00	82	46	75,00	1343,00	657,00	895,00	920,00
16	2000	2000,00	82	59	75,00	1354,00	646,00	880,00	920,00
17	2000	2000,00	82	52	75,00	1337,20	662,80	850,00	935,00
18	2000	2000,00	82	54	76,00	1350,30	649,70	855,00	945,00
19	2000	2000,00	82	51	70,00	1355,20	644,80	860,00	955,00
20	2000	2000,00	82	52	71,00	1335,00	665,00	870,00	950,00
21	2000	2000,00	82	52	73,00	1325,00	675,00	890,00	960,00
22	2000	2000,00	82	52	72,00	1333,00	667,00	880,00	920,00

23	2000	2000,00	82	53	68,00	1353,50	646,50	870,00	930,00
24	2000	2000,00	82	56	67,00	1326,20	673,80	885,00	940,00
25	2000	2000,00	82	59	66,00	1337,50	662,50	865,00	955,00
26	2000	2000,00	82	57	65,00	1350,50	649,50	870,00	920,00
27	2000	2000,00	82	47	65,00	1335,00	665,00	890,00	910,00
28	2000	2000,00	82	48	71,00	1343,00	657,00	890,00	930,00
29	2000	2000,00	82	46	73,00	1355,30	644,70	875,00	950,00
30	2000	2000,00	82	49	73,00	1325,00	675,00	870,00	960,00
PROMEDIO				51,6	72,83		661,65		
DESV EST					4,05		12,55		

TABLA DE DATOS 4

Comunidad: VILUYO

Cocina: K'ONCHA

Biomasa: QUEÑUA

Nro.	Vol i (cc)	Peso i (gr)	Temp 1 (°C)	Temp 2 (°C)	Tiempo (min)	Peso f (gr)	Peso Util (gr)	Vol f 1 (cc)	Vol f 2 (cc)
1	2000	2000,00	82	75	66,00	1050,00	950,00	840,00	890,00
2	2000	2000,00	82	88	76,00	1090,00	910,00	900,00	950,00
3	2000	2000,00	82	76	67,00	1055,00	945,00	845,00	895,00
4	2000	2000,00	82	84	77,00	1065,00	935,00	895,00	945,00
5	2000	2000,00	82	77	78,00	1065,20	934,80	850,00	900,00
6	2000	2000,00	82	87	78,00	1075,00	925,00	890,00	940,00
7	2000	2000,00	82	78	80,00	1085,00	915,00	855,00	905,00
8	2000	2000,00	82	86	71,00	1080,20	919,80	885,00	935,00
9	2000	2000,00	82	79	69,00	1051,00	949,00	860,00	910,00
10	2000	2000,00	82	85	68,00	1089,00	911,00	880,00	930,00
11	2000	2000,00	82	80	67,00	1052,30	947,70	865,00	915,00
12	2000	2000,00	82	84	65,00	1088,00	912,00	875,00	925,00
13	2000	2000,00	82	81	67,00	1053,00	947,00	870,00	920,00
14	2000	2000,00	82	83	68,00	1060,30	939,70	870,00	920,00
15	2000	2000,00	82	82	74,00	1054,00	946,00	865,00	915,00
16	2000	2000,00	82	82	76,00	1086,00	914,00	875,00	925,00
17	2000	2000,00	82	83	66,00	1054,80	945,20	860,00	910,00
18	2000	2000,00	82	81	76,00	1085,00	915,00	850,00	900,00
19	2000	2000,00	82	85	67,00	1055,00	945,00	880,00	930,00
20	2000	2000,00	82	76	75,00	1060,00	940,00	890,00	940,00
21	2000	2000,00	82	77	68,00	1065,00	935,00	880,00	930,00
22	2000	2000,00	82	78	74,00	1070,10	929,90	900,00	950,00

23	2000	2000,00	82	79	69,00	1075,00	925,00	885,00	935,00
24	2000	2000,00	82	79	73,00	1085,00	915,00	870,00	920,00
25	2000	2000,00	82	75	70,00	1065,00	935,00	865,00	915,00
26	2000	2000,00	82	85	72,00	1090,80	909,20	860,00	910,00
27	2000	2000,00	82	75	71,00	1060,20	939,80	855,00	905,00
28	2000	2000,00	82	76	71,00	1055,00	945,00	850,00	900,00
29	2000	2000,00	82	74	69,00	1085,30	914,70	840,00	890,00
30	2000	2000,00	82	81	68,00	1089,80	910,20	845,00	895,00
			PROMEDIO	80,3666667	71,20		930,17		
			DESV EST		4,26		14,55		

ANALISIS DE VARIANZA

Nº Repeticion	COCINA KONCHA		COCINA LORENA			
	Thola (gr)	Keñua (gr)	Thola (gr)	Queñua (gr)		
1	838,96	950,00	583,60	673,80	3046,36	
2	813,60	910,00	582,88	645,00	2951,48	
3	800,20	945,00	526,80	646,50	2918,50	
4	776,80	935,00	526,80	649,80	2888,40	
5	776,80	934,80	526,80	695,00	2933,40	
6	822,88	925,00	587,52	670,80	3006,20	
7	840,00	915,00	580,20	665,00	3000,20	
8	839,00	919,80	589,80	646,80	2995,40	
9	827,50	949,00	580,00	670,00	3026,50	
10	805,80	911,00	570,00	664,80	2951,60	
11	847,60	947,70	538,00	669,70	3003,00	
12	827,50	912,00	537,70	675,00	2952,20	
13	816,74	947,00	589,59	669,00	3022,33	
14	847,60	939,70	589,80	667,00	3044,10	
15	817,88	946,00	589,65	657,00	3010,53	
16	809,79	914,00	585,00	646,00	2954,79	
17	782,00	945,20	574,40	662,80	2964,40	
18	847,80	915,00	529,70	649,70	2942,20	
19	780,00	945,00	534,77	644,80	2904,57	
20	775,13	940,00	559,74	665,00	2939,87	
21	804,60	935,00	587,75	675,00	3002,35	
22	807,90	929,90	589,75	667,00	2994,55	
23	785,86	925,00	589,00	646,50	2946,36	
24	839,00	915,00	584,40	673,80	3012,20	
25	770,90	935,00	586,77	662,50	2955,17	
26	771,00	909,20	588,75	649,50	2918,45	
27	840,00	939,80	533,77	665,00	2978,57	
28	840,00	945,00	534,54	657,00	2976,54	
29	817,60	914,70	533,70	644,70	2910,70	
30	816,80	910,20	589,77	675,00	2991,77	
	24387,23	27905,00	17000,95	19849,50	89142,68	Y...
	52292,23		36850,45		742,86	Promedio

Valores al Cuadrado			
703853,88	902500,00	340588,96	454006,44
661940,08	828100,00	339749,09	416025,00
640320,04	893025,00	277518,24	417962,25
603416,69	874225,00	277518,24	422240,04
603415,13	873851,04	277518,24	483025,00
677128,20	855625,00	345179,75	449972,64
705600,00	837225,00	336632,04	442225,00
703921,00	846032,04	347864,04	418350,24
684756,25	900601,00	336400,00	448900,00
649313,64	829921,00	324900,00	441959,04
718425,76	898135,29	289444,00	448498,09
684756,25	831744,00	289121,29	455625,00
667064,23	896809,00	347616,37	447561,00
718425,76	883036,09	347864,04	444889,00
668927,69	894916,00	347687,12	431649,00
655759,84	835396,00	342225,00	417316,00
611524,00	893403,04	329935,36	439303,84
718764,84	837225,00	280582,09	422110,09
608400,00	893025,00	285978,95	415767,04
600826,52	883600,00	313308,87	442225,00
647381,16	874225,00	345450,06	455625,00
652702,41	864714,01	347805,06	444889,00
617575,94	855625,00	346921,00	417962,25
703921,00	837225,00	341523,36	454006,44
594286,81	874225,00	344299,03	438906,25
594441,00	826644,64	346626,56	421850,25
705600,00	883224,04	284910,41	442225,00
705600,00	893025,00	285733,01	431649,00
668469,76	836676,09	284835,69	415638,09
667162,24	828464,04	347828,65	455625,00
			68597672,98

Suma de B	
Thola (gr)	Keñua (gr)
1422,56	1623,80
1396,48	1555,00
1327,00	1591,50
1303,60	1584,80
1303,60	1629,80
1410,40	1595,80
1420,20	1580,00
1428,80	1566,60
1407,50	1619,00
1375,80	1575,80
1385,60	1617,40
1365,20	1587,00
1406,33	1616,00
1437,40	1606,70
1407,53	1603,00
1394,79	1560,00
1356,40	1608,00
1377,50	1564,70
1314,77	1589,80
1334,87	1605,00
1392,35	1610,00
1397,65	1596,90
1374,86	1571,50
1423,40	1588,80
1357,67	1597,50
1359,75	1558,70
1373,77	1604,80
1374,54	1602,00
1351,30	1559,40
1406,57	1585,20
41388,18	47754,50

FC=	66220147,951
SCT=	2377525,027
SCA=	1987071,928
SCB=	337750,041
SCAB=	3732,106
SCE=	48970,953

F.V.	g.l.	S.C.	C.M.	Fc	Ft	
					5%	1%
A	1	1987071,928	1987071,928	4706,879	3,93	6,87
B	1	337750,041	337750,041	800,046	3,93	6,87
AB	1	3732,106	3732,106	8,840	3,93	6,87
Error	116	48970,953	422,163			
Total	119	2377525,027				

Fc>Ft = rechazo Ho

Fc<Ft = acepta Ho

CV=	2,77
------------	-------------