

# EFFECTOS DEL CONSUMO TRADICIONAL DE HOJAS DE COCA SOBRE LA RESPIRACIÓN

Villena, M.; Vargas, E.; Soria, R.; Alarcón, A.M.; Gonzales, C.

Instituto Boliviano de Biología de Altura  
C.P. 641, La Paz-Bolivia

## INTRODUCCIÓN

La historia documentada sobre las **hojas de coca** se inicia en 1504 con una carta en la que Américo Vespucio describe sus primeros contactos con los utilizadores de hojas de coca, que había tenido ocasión de conocer en 1499 durante un viaje por las costas de la actual Venezuela.

Posteriores a este documento existen muchos otros escritos por los cronistas españoles de la conquista. A través de estos testimonios se sabe que para los **Incas**, la coca constituía el centro de sus actividades religiosas y sus ritos. En la mayoría de estos documentos históricos, la coca era considerada como una planta inútil, perniciosa y demoniaca que impedía la difusión del cristianismo; sin embargo, algunos escritos hacían referencia a sus cualidades, señalando entre sus virtudes -transmitidas por la creencia popular - el uso con fines medicinales y antifatigantes. Entre las crónicas de la conquista, se encuentra la del religioso jesuita José de Acosta quien describió con precisión los síntomas del **"Mal de Montaña" o "Mal de Altura"**, al relatar sus experiencias acompañando a las tropas españolas durante una travesía por los Andes. En su obra **"Historia Natural y Moral de las Indias"** (1590) se encuentra una descripción detallada de las molestias que sufren los recién llegados a la altura, que Acosta atribuyó a **"la textura del aire delicado y sutil, que no está adaptado a la respiración del hombre..."**. Ya en esa época, también se mencionaba el efecto benéfico de la utilización de hojas de coca para contrarrestar este mal (Garcilazo de la Vega, 1609).

Desde entonces, numerosos trabajos han sido realizados, tratando de esclarecer aspectos sobre esta hoja milenaria y sobre su consumo tradicional. Lo cierto es que en la actualidad ni se conocen a cabalidad los efectos biológicos del consumo de la **hoja de coca**, ni se ha modificado su uso tradicional en los pobladores del área andina, que continúan utilizándola en la misma forma que fue relatada por Américo Vespucio.

Aún cuando en la región andina (Bolivia y Perú), hasta nuestros días se acostumbra ofrecer **"mate de coca"** a los recién llegados para combatir los efectos de la altura, y a pesar de que algunos autores contemporáneos asocian el uso de la coca con la vida en grandes alturas, - hecho que aún no ha sido comprobado -, no se ha realizado ningún estudio para conocer el efecto del consumo tradicional de hojas de coca sobre la función respiratoria de los nativos de altura que, como ha sido ampliamente estudiado, muestra las más claras diferencias con la función respiratoria de los nativos del nivel del mar; estas diferencias son, en criterio científico mundial, netamente «adaptativas» a la vida en altura.

Con estos antecedentes y, bien conocida y diferenciada la función pulmonar de los habitantes de altura, nos pareció, no sólo interesante sino necesario, estudiar los efectos que produce el consumo tradicional de hojas de coca (acullicu) sobre la función respiratoria de nativos habitantes permanentes de gran altura.

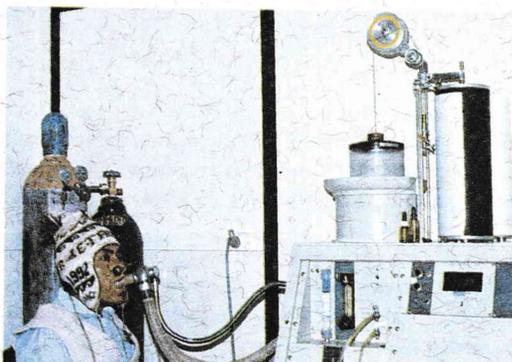
## MATERIAL Y MÉTODOS

Con previo conocimiento de la metodología que iba a ser empleada y luego de obtener su consentimiento, fueron estudiados 80 sujetos clínicamente sanos, de sexo masculino, origen aymara y residentes permanentes de la meseta altiplánica boliviana (pobladores de las localidades rurales de Taucachi y Ventilla situadas a 3952 m. sobre el nivel del mar). De acuerdo a las encuestas previas sobre consumo de hojas de coca, el grupo de estudio estuvo constituido por 40 consumidores tradicionales (C) y 40 no consumidores (NC). Los consumidores tradicionales, fueron estudiados antes y después de una hora de haberse concluido el coqueo (acullicu). La coca y lejía utilizadas en el laboratorio fueron las mismas, que según las encuestas, habitualmente son consumidas por los pobladores de las comunidades estudiadas (coca proveniente de los Yungas de La Paz y lejía de quinua). El tiempo de coqueo fue de 45 minutos y la cantidad consumida para las pruebas fue libre.

En ambos grupos, la función respiratoria fue estudiada por métodos no invasivos. Los siguientes exámenes fueron realizados:

### 1. Espirometría

A través de este método clásico, se registró los volúmenes y capacidades pulmonares - es decir la cantidad de aire que se moviliza durante la respiración habitual y forzada - para ser posteriormente medidos y comparados porcentualmente con los valores teóricos que se tienen para la altura (3600 m.) y para el nivel del mar.



Laboratorio de Fisiología Respiratoria - IBBA.  
Medida de volúmenes y capacidades pulmonares.  
Método espirométrico.

### 2. Mecánica Ventilatoria

Utilizando el método del balón intraesofágico, se estudió la mecánica ventilatoria que permite conocer simultáneamente las propiedades elásticas de los pulmones en relación a la elasticidad de la caja torácica ( $C_o$ = compliance o complacencia pulmonar) y la resistencia que las vías aéreas (bronquios) oponen al paso del aire durante la inspiración (RI) y la espiración (RE).

### 3. Sensibilidad Respiratoria

El principal interés de nuestra investigación estuvo centrado en la sensibilidad respiratoria periférica, que fue estudiada midiendo con un sistema computarizado la amplitud de cada ciclo respiratorio (volumen corriente) y las veces que nuestros sujetos respiraban en un minuto (frecuencia respiratoria). Inicialmente respiraron aire ambiente y luego en dos etapas diferentes, mezclas de aire con distintas presiones de oxígeno, como si las personas estudiadas respiraran aire del nivel del mar (mezcla hiperóxica = estímulo hiperoxia) y aire de un lugar de mayor altura al que habitan (mezcla hipóxica=estímulo hipoxia).



**Laboratorio de Fisiología Respiratoria - IBBA. Pruebas de medida de sensibilidad ventilatoria. Método de Dejours utilizando la Pletismografía Corporal Total.**

#### 4. Saturación de Oxígeno

Actualmente el avance de la tecnología hace posible medir este parámetro, a través de métodos indirectos como el denominado **"saturación transcutánea de oxígeno"**, utilizando un dispositivo especial que se coloca en el dedo o en el lóbulo de la oreja. En nuestro estudio utilizamos este método, habiéndose registrado la saturación de oxígeno ( $SaO_2$ ), simultáneamente a la ejecución de las pruebas de sensibilidad respiratoria.

#### RESULTADOS

El análisis de las encuestas respecto al consumo, mostró que en el grupo de consumidores, el tiempo de antigüedad del hábito de coqueo es muy variable. El tiempo promedio de consumo de hojas de coca en este grupo fue de 14.9 años. El análisis del tiempo de consumo, mostró que 9 de los sujetos estudiados consumen coca entre 2 y 5 años; 8 lo hacen entre 26 y 29 años y el resto lo hace entre 2 y 6 años.

Los campesinos que respondieron a las encuestas, manifestaron que consumían coca sólo en los períodos de trabajo intenso (siembra y cosecha) y durante reuniones comunales o sociales. Asimismo mencionaron consumir coca con un producto alcalino que es la lejía de quinua y plátano. La lejía es el producto de incineración de raíces, tallos u hojas de las plantas. Para ser consumida, la ceniza lograda es mezclada con azúcar quemada.

En nuestros laboratorios, el promedio de hojas de coca consumidas por el grupo correspondiente fue de  $33.9 \pm 9.7$  gramos y el de lejía fue de  $4.5 \pm 3.0$  gramos, pero es importante mencionar que el consumo fue muy variable de un sujeto a otro.

Los datos biométricos de ambos grupos se muestran en la Tabla I. El grupo de sujetos consumidores tradicionales de hojas de coca tenía una edad promedio mayor que el de no consumidores. El histograma de edad muestra que en el grupo de consumidores, 29 sujetos (72.5%) fueron mayores de 30 años, mientras que en el de no consumidores, 20 sujetos (50%) fueron menores de 30 años. En ambos grupos el peso y la talla fueron similares.

Los resultados de las pruebas de función respiratoria fueron los siguientes:

1. Los volúmenes y capacidades pulmonares del grupo de consumidores tradicionales, antes y después del coqueo, en relación a los valores del grupo de no consumidores, no mostraron diferencias significativas. (Tabla II)

TABLA I

	NO CONSUMIDORES (n= 40)	p	CONSUMIDORES (n=40)
Edad (años)	32.20 ± 9.38	NS	36.0 ± 9.04
Peso (Kg.)	60.61 ± 8.62	NS	59.56 ± 5.66
Talla (cm)	161.94 ± 5.18	NS	162.26 ± 4.36
*Cantidad de coca (gr.)			33.9 ± 9.7
*Cantidad de lejía (gr.)			4.5 ± 3.0

**Datos biométricos y de consumo. Los valores son promedio ± desviación standard.**

**p: Identifica las diferencias entre ambos grupos.**

**NS: Las diferencias no son significativas.**

**\* Corresponde a las cantidades consumidas en nuestro laboratorio**

TABLA II

	NO CONSUMIDORES (n = 40)	p	CONSUMIDORES (n = 40)
Volumen corriente (vc) (ml)	732.41 ± 163.68	NS	745.91 ± 139.85
Frecuencia respiratoria (FR) (ciclos/minuto)	19.10 ± 4.65	NS	17.58 ± 4.32
Ventilación (VE) (ml)	13.73 ± 4.09	NS	12.73 ± 3.20
Volumen de reserva inspiratoria (VRI) (ml)	2524.60 ± 549.66	NS	2631.82 ± 621.57
Volumen de reserva espiratoria (VRE) (ml)	2003.95 ± 440.72	NS	1914.32 ± 308.09
Capacidad Vital (CV) (ml)	5262.89 ± 528.18	NS	5340.70 ± 646.21
Volumen espiratorio máximo por segundo (VEMS)(ml)	4048.95 ± 478.88	NS	4057.64 ± 582.77
Índice CV/VEMS (%)	76.76 ± 4.66	NS	76.02 ± 5.76
Capacidad residual funcional (CRF) (ml)	3619.24 ± 606.89	NS	3677.41 ± 516.67
Volumen residual (VR) (ml)	1783.69 ± 444.04	NS	1810.72 ± 461.50
Índice VR/CPT (%)	24.80 ± 4.30	NS	24.4 ± 4.74

**Datos de la espirometría. Los valores son promedio ± desviación standard.**

**p: Identifica las diferencias entre ambos grupos**

**NS: Las diferencias no son significativas.**

2. Los parámetros de mecánica ventilatoria en los consumidores antes del coqueo, y en los no consumidores, se encontraron en rango normal y no acusaron diferencias significativas entre ambos grupos (Tabla III). Después del coqueo, las resistencias dinámicas, tanto inspiratorias como espiratorias, disminuyeron significativamente en los consumidores. (Fig.1)

**TABLA III**

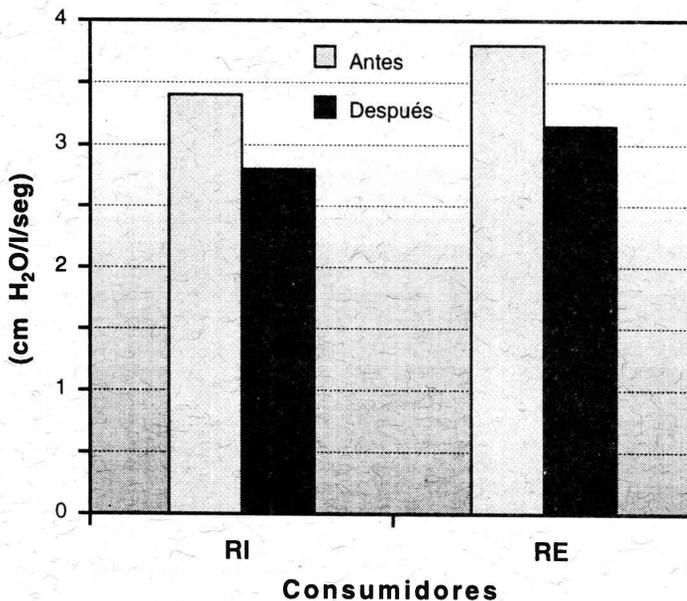
	NO CONSUMIDORES		CONSUMIDORES		
	(n=40)	p	(n=40) Antes del coqueo	p	(n=40) Después del coqueo
Co (ml/cm H <sub>2</sub> O)	206.23 ± 42.0	NS	195.60 ± 32.9	NS	209.57 ± 33.6
RI (cm H <sub>2</sub> O/l/seg.)	3.30 ± 0.7	NS	3.40 ± 0.7	<0.01	2.76 ± 0.7
RE (cm H <sub>2</sub> O/l/seg.)	3.68 ± 0.7	NS	3.76 ± 0.7	<0.01	3.16 ± 0.6

**Datos de la mecánica ventilatoria. Los valores son promedio ± desviación standard.**

**p:** Identifica las diferencias entre ambos grupos y entre los tiempos de medida de los parámetros.

**NS:** Las diferencias no son significativas.

**p<0.01:** Las diferencias son estadísticamente significativas



**Fig. 1: Resistencias dinámicas respiratorias:** Las barras claras corresponden a los valores medios de resistencias inspiratorias (RI) y espiratorias (RE) medidas en el grupo de consumidores tradicionales, antes del coqueo (acullicu). Las barras oscuras corresponden a los valores obtenidos después de una hora de haberse concluido el coqueo. La diferencia entre los dos tiempos es estadísticamente significativa (p<0.01), tanto para RI como para RE, evidenciándose el efecto broncodilatador del acullicu.

3. El clásico estudio de la sensibilidad respiratoria, a través de la respuesta ventilatoria a las variaciones de concentración de oxígeno en el aire inspirado, evidenció en el grupo de consumidores - antes del

coqueo - variaciones más importantes que en los no consumidores. Es decir que los consumidores tradicionales de hojas de coca disminuyeron o aumentaron su ventilación en forma más evidente que los no consumidores, después de haber inhalado respectivamente, tres ciclos respiratorios de una mezcla hiperóxica ( $O_2=97\%$ ) o hipóxica ( $O_2=10\%$ ) (Tabla IV) (Fig. 2 y 3)

TABLA IV

	NO CONSUMIDORES		CONSUMIDORES		
	(n=40)	p	(n=40) Antes del coqueo	p	(n=40) Después del coqueo
VE aire ambiente (ml/seg.)	201.79 ± 37.12	NS	182.91 ± 28.46	NS	197.34 ± 39.3
VE respuesta (ml/seg.)	188.94 ± 37.94	<0.01	150.5 ± 24.50	<0.01	155.95 ± 29.1
% de respuesta	6.82 ± 3.32	<0.01	17.2 ± 5.46	<0.01	21.15 ± 5.57
Tiempo de respuesta (seg.)	21.9 ± 1.61	<0.01	31.7 ± 3.27	<0.01	26.15 ± 3.2

Datos de la respuesta ventilatoria al estímulo oxígeno. Los valores son promedio ± desviación standard.

p: Identifica las diferencias entre ambos grupos y entre los tiempos de medida de los parámetros.

NS: Las diferencias no son significativas.

p<0.01: Las diferencias son estadísticamente significativas

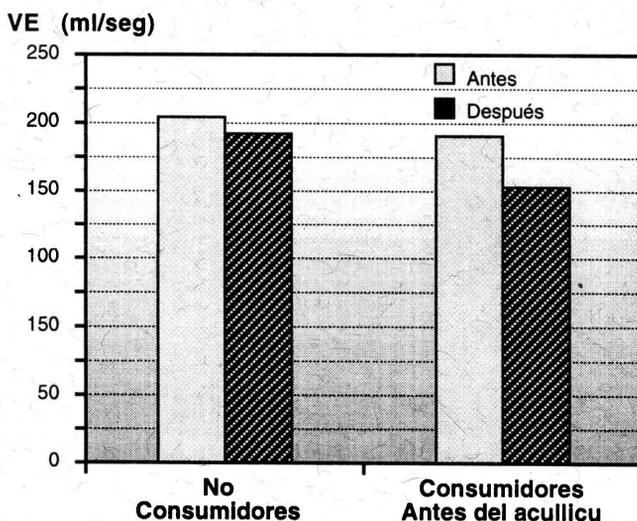


Fig. 2: Respuesta ventilatoria al estímulo oxígeno: Las barras claras corresponden a la respiración de aire ambiente (Antes), la diferencia entre ambos grupos no es estadísticamente significativa. Las barras rayadas corresponden a la respuesta ventilatoria después de haber inhalado tres ciclos de una mezcla gaseosa rica en oxígeno (97%), que simula el aire ambiente del nivel del mar (Después). La respuesta ventilatoria (disminución de la ventilación) en los consumidores tradicionales de hojas de coca, antes del coqueo, es significativamente más importante que la respuesta de los no consumidores (p<0.01).

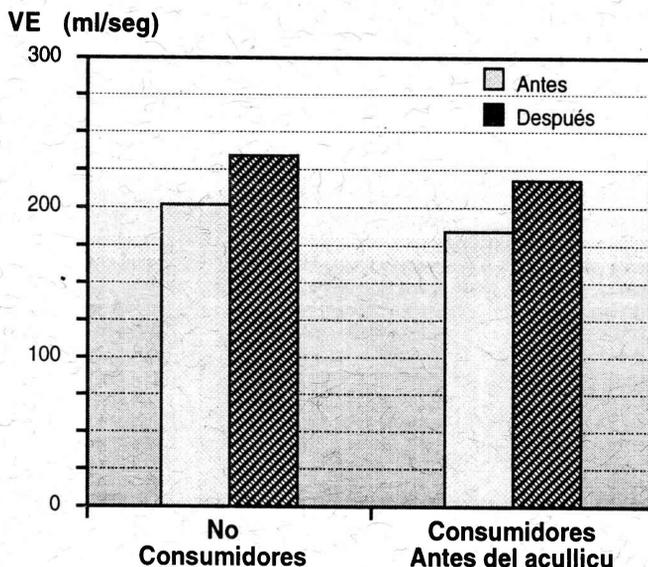


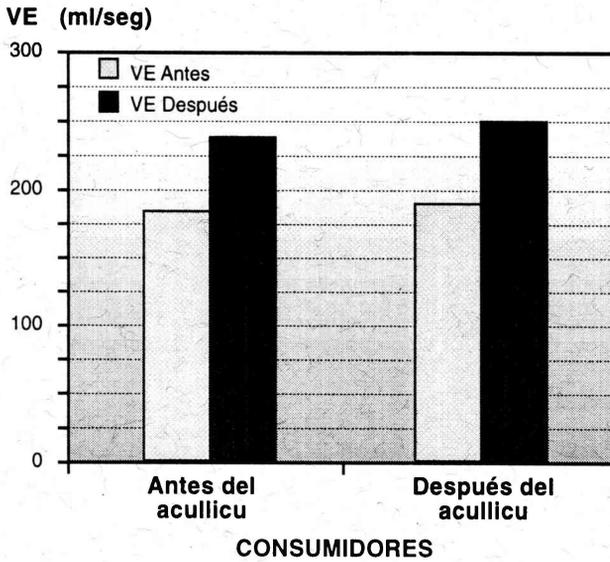
Fig. 3: Respuesta ventilatoria al estímulo hipoxia: Las barras claras corresponden a la respiración de aire ambiente, la diferencia entre ambos grupos no es estadísticamente significativa. Las barras rayadas corresponden a la respuesta ventilatoria después de haber inhalado tres ciclos de una mezcla gaseosa pobre en oxígeno (10%). La respuesta ventilatoria (aumento de la ventilación) en los consumidores tradicionales de hojas de coca, antes del coqueo, es significativamente mayor que la respuesta de los no consumidores ( $p < 0.01$ ).

Cuando se efectuó las pruebas de sensibilidad respiratoria a los 60 minutos de que los consumidores concluyeron el coqueo, el efecto agudo del consumo de coca se manifestó con respuestas ventilatorias significativamente mayores tanto al estímulo hiperoxia como hipoxia (Tabla V) (Fig. 4).

**TABLA V**

	NO CONSUMIDORES		CONSUMIDORES		
	(n=40)	p	(n=40) Antes del coqueo	p	(n=40) Después del coqueo
VE aire ambiente (ml/seg.)	200.94 ± 37.59	NS	180.63 ± 32.17	NS	193.52 ± 45.03
VE respuesta (ml/seg.)	231.58 ± 41.54	<0.01	220.80 ± 38.59	<0.01	250.15 ± 61.60
% de respuesta	13.55 ± 4.21	<0.01	18.81 ± 5.37	<0.01	25.54 ± 4.65
Tiempo de respuesta (seg.)	23.37 ± 1.61	<0.01	31.77 ± 2.76	<0.01	24.07 ± 2.50

**Datos de la respuesta ventilatoria al estímulo hipoxia. Los valores son promedio ± desviación standard. p: Identifica las diferencias entre ambos grupos y entre los tiempos de medida de los parámetros. NS: Las diferencias no son significativas.  $p < 0.01$ : Las diferencias son estadísticamente significativas.**



**Fig. 4:** Respuesta ventilatoria al estímulo hipoxia antes y después del acullicu: Las barras claras corresponden a la respiración de aire ambiente antes y después del coqueo, la diferencia entre ambos tiempos no es estadísticamente significativa. Las barras oscuras corresponden a la respuesta ventilatoria, que es significativamente mayor después del coqueo ( $p < 0.01$ ).

4. La saturación de oxígeno en los consumidores antes y después del coqueo, comparada con la de los no consumidores, no mostró diferencia significativa. La frecuencia de pulso en los consumidores - antes del coqueo - fue notoriamente menor que en el grupo de no consumidores. Después del coqueo, la frecuencia del pulso tuvo un notable incremento (Tabla VI).

**Tabla VI**

	NO CONSUMIDORES		CONSUMIDORES		
	(n=40)	p	(n=40)	p	(n=40)
Saturación de oxígeno (%)	93.42 ± 2.59	NS	Antes del coqueo 92.15 ± 3.49	NS	Después del coqueo 92.45 ± 4.18
Pulso (Latidos/minuto)	66.76 ± 10.50	< 0.01	61.81 ± 24.50	< 0.01	68.57 ± 11.40

Los valores son promedio ± desviación standard.

p: Identifica las diferencias entre ambos grupos y entre los tiempos de medida de los parámetros.

NS: Las diferencias no son significativas.

$p < 0.01$ : Las diferencias son estadísticamente significativas

## DISCUSION

En el contexto de los innumerables argumentos de análisis y discusión que provocan los efectos del uso tradicional de la hoja de coca, nos ha parecido interesante estudiar las respuestas fisiológicas inherentes al sistema respiratorio, teniendo en cuenta que desde las primeras descripciones hechas por los españoles que conocieron la cultura de los pueblos autóctonos de los Andes (Cárdenas, 1591; Monardes, 1580) y en estudios científicos del siglo pasado y del actual, se menciona el hábito de consumir hojas de coca como un recurso vinculado a la acción antifatigante que produce su consumo (Christison, 1868; Nuñez del Prado, 1875, Carter y Mamani, 1986) y con menor énfasis - aunque igual convencimiento - se describe su acción sobre los fenómenos fisiológicos de **adaptación a la altura** y al frío (Unanue, 1794; Gagliano, 1968; Hanna, 1972). Es igualmente interesante la referencia de que su uso comienza en la edad en que la mujer y el hombre andinos deben tomar la responsabilidad del trabajo y por tanto hacer frente a la fisiología de la fatiga (Carter y Mamani, 1978).

Por otra parte, el hombre andino presenta características anatómicas y fisiológicas particulares. (Monge, 1953; Lefrançois y col., 1976; Brody y col., 1977; Beall, 1982, Frisancho, 1991). Por ello, para realizar un estudio comparativo, aún entre los propios nativos adaptados al ambiente de hipoxia, es indispensable mencionar que - en lo que a la función pulmonar se refiere - se ha demostrado repetidamente que existen variaciones importantes en los valores de la ventilación de reposo y, en los volúmenes pulmonares que se encuentran aumentados con relación a los encontrados en habitantes del nivel del mar (Monge, 1953; Hurtado y col., 1956; Beall, 1981 Vargas y Villena, 1989, 1992), no sólo como hallazgos de la espirometría, sino de datos corroborados por medidas antropométricas que revelan un tórax con diámetros transversal y ántero-posterior mayores en los nativos de altura (Vellard, 1970; Beall, 1981; Frisancho, 1991, Frisancho y col., 1973), sin modificación de la elasticidad tóraco-pulmonar, como ya ha sido demostrado (Lefrançois y col., 1969; Cruz, 1976; Vargas y Villena, 1989).

Con estos antecedentes encontramos que los resultados de nuestras encuestas en relación al consumo de coca, son similares a los obtenidos por otros autores, corroborándose el hecho de que los campesinos de las comunidades estudiadas, inician el hábito del coqueo cuando deben enfrentar obligaciones de responsabilidad civil y de trabajo.

El estudio respiratorio, efectuado en bolivianos nativos de regiones de gran altura, muestra que los volúmenes pulmonares, tanto de sujetos consumidores tradicionales de hojas de coca como de sujetos no consumidores de similar raza, peso y talla, son mayores que los obtenidos en poblaciones caucásicas y corresponden a resultados logrados en estudios previos realizados en nativos de altura, sin tomar en cuenta el consumo de coca. Estos resultados y los de las medidas de la compliance pulmonar, sugieren que el hábito de consumir coca no produce cambios anatómicos estructurales ni funcionales en la elasticidad tóraco-pulmonar. Por el contrario, el hecho de que nuestros resultados muestren en el grupo de consumidores una disminución de las resistencias dinámicas respiratorias después del coqueo, evidencia la acción broncodilatadora de la coca. Asimismo, nuestros hallazgos respecto al pulso, demuestran el efecto del coqueo sobre la función cardiaca.

Por otra parte, la función respiratoria, como cualquier otra en el organismo humano, está dirigida y controlada por centros nerviosos, que en el caso de la respiración, se encuentran ubicados a nivel del sistema nervioso central y a nivel periférico (bifurcación de la arteria carótida). La ventilación minuto - es decir la cantidad de aire que los pulmones movilizan en la respiración durante un minuto - está controlada por estos centros respiratorios que, de acuerdo a las necesidades del organismo, la incrementan o disminuyen. Así, cuando un recién llegado a la altura tiene que exponerse a la disminución de la presión de oxígeno en el aire que respira, los centros respiratorios aumentan imperceptiblemente la ventilación; por el contrario, cuando se respira un aire con mayor presión de oxígeno, como sucede a nivel del mar, la ventilación disminuye. Respecto a este tema, varios autores han descrito en los habitantes de la altura, una menor respuesta ventilatoria al estímulo oxígeno (Hurtado y col., 1956; Severinghaus

y col., 1966; Lahiri y col., 1969; Lefrançois y col., 1978; Vargas y Villena, 1989). En condiciones de hipoxia crónica, se admite que el fenómeno fisiológico principal se cumple a nivel de los quimiorreceptores periféricos, especialmente los situados a nivel de la bifurcación de la carótida primitiva, cuyo funcionamiento tiene un mecanismo neuro-humoral interrelacionado y vinculado directamente con las concentraciones de catecolaminas - epinefrina y noepinefrina - (Kellog, 1964; Cami y Ayesta, 1992 ; Garcia-Sevilla y Meana, 1992).

Estudios realizados por algunos autores, han comprobado que en los consumidores tradicionales de hojas de coca, existen niveles plasmáticos de cocaína en concentraciones farmacológicamente activas, aunque relativamente pequeñas (Ciuffardi, 1948; Paly y col., 1980). Este hallazgo ha sido corroborado en nuestro Instituto. (Referirse en este mismo volumen al capítulo: Absorción de los principios activos de la hoja de coca en el humano sano, durante el uso tradicional).

Los resultados del presente estudio, muestran efectivamente una acción del consumo de hojas de coca sobre la respuesta ventilatoria de sujetos consumidores tradicionales. Así pues, nuestros hallazgos, pueden ser explicados por el hecho conocido de que la cocaína potencia y prolonga la acción de la adrenalina. Lo que no podemos asegurar por el momento, es que esta respuesta ventilatoria tenga su mayor acción a nivel de los quimiorreceptores periféricos, pero lo que es evidente es que nuestros hallazgos corresponden a la acción conocida de la cocaína que contienen las hojas de coca.

En resumen el coqueo (acullicu) tiene un efecto estimulador sobre los centros respiratorios que responden en mayor proporción a los estímulos hiperoxia e hipoxia. El efecto agudo del consumo de hojas de coca se evidencia por el aumento de la respuesta ventilatoria a ambos estímulos después del coqueo. Se asume que este efecto tiene una relación directa con la actividad de las catecolaminas, sobre las que existe una conocida acción de los alcaloides que contienen las hojas de coca.

A pesar de que el uso de la hoja de coca es milenario, aún quedan muchos estudios por realizar con respecto a sus acciones, muy especialmente a las que dependen de la cocaína contenida en las hojas.

Los presentes hallazgos deberán ser complementados con técnicas más avanzadas de sensibilidad respiratoria central y simultáneamente con dosificación de catecolaminas y alcaloides, en consumidores habituales y eventuales de la hoja de coca, a fin de asociar el efecto del coqueo a los procesos de adaptación a la vida en altura.