

presa o algún bordo para almacenar agua de lluvia. Con un arado de barbecho se hacen los surcos de la medida antes mencionada, después se van haciendo hoyos o pozos de unos 15 o 20 cm de fondo; una persona más va colocando la semilla y tapando con la mano o con el pie. Al finalizar de este proceso se llenan de agua los hoyos, se deja fraguar la humedad y se le coloca tierra seca para cubrir la tierra mojada.

*Tapa pié:* Este tipo de siembra sólo se realiza cuando el ciclo de lluvias se ha hecho presente: cuando los terrenos se han mojado demasiado con el agua de las lluvias, se van haciendo los surcos o rayas con la yunta de bueyes o caballos; se coloca la semilla y se tapa con el pie. La semilla de maíz tiene una germinación aproximada de 9 hasta 10 días. En todas las tierras de temporal se sigue sembrando hasta que llegue el 3 de mayo.

### **1ª y 2ª Escarda**

En la milpa y en todos los cultivos en general se necesitan de trabajos secundarios para poder tener un buen resultado. Después de las lluvias que se han frecuentado en el mes de mayo, empieza la primera escarda del maíz y de los cultivos que lo acompañaron en este año. Dicho trabajo consiste en subir la tierra a la “patita”<sup>iiii</sup> del maíz. En algunos de los casos es acompañada por estiércol de vaca, borrego o pollo.

Dicho trabajo tiene dos fines: uno, tapar el abono para que no queme a la planta debido a las altas temperaturas que se presentan en dicho mes; dos –y el principal– es que cuando la plantita del maíz esté madura le empiecen a salir raíces para que los vientos no la tumben cuando se desarrolle más.

La segunda y última escarda se da a los 15 o 29 días de la primera, cuando la planta de maíz alcanza una altura aproximada de 40 a 50 cm.

Este tipo de labor también es realizado en vínculo familiar, y con yunta de animales de tiro. Son trabajos que inician en el mes de junio y terminan a principios del mes de julio, en un ciclo normal de producción.

### **Cosecha**

Este es un trabajo que marca el fin de los trabajos de la milpa de cada año. El trabajo se jerarquiza en términos de los participantes: las señoras pizcan el maíz, los señores cargan los costales y los niños buscan maíz (pepenadores). La cosecha se inicia el 2 de noviembre, y consiste en recoger las mazorcas de las varas secas (rastrajo); algunas personas utilizan animales de tiro para transportar los costales de maíz. Se utilizan costales “trigueros” que tienen una capacidad de 80 hasta 90 kilos de maíz en mazorca. Una vez que se termina de cosechar se escoge el maíz por colores, y las mazorcas que están podridas se usan como alimento para los animales. Luego se colocan en las trojes o tapangos para dejarlos secar y a principios de año empezarlos a cocinar.

De acuerdo con la información obtenida en investigación de campo, el ciclo de lluvias en 2010 se atrasó casi por un mes a comparación de 2009, es decir que empezaron las lluvias el 5 de julio de 2010, cuando el maíz tenía una altura de 60 cm, lo que produjo que el ciclo agrícola se recorriera. Así, el régimen pluvial disminuyó notablemente retardando el crecimiento y desarrollo de la planta de maíz. Estos acontecimientos que están ligados al cambio climático local, que consisten en marcados atrasos del ciclo de lluvias, provocando por consiguiente, retrasos en los trabajos en la milpa.

### **Festividades relacionadas con la producción del maíz en el ciclo agrícola**

El trabajo en la milpa y la lluvia, respectivamente, están interrelacionadas con el calendario de fiestas. De hecho muchos pueblos celebran rituales que apuntan a propiciar lluvias o a agradecer a la madre tierra. Al respecto Broda (1999:215) aporta que los ciclos básicos del ritual giraban alrededor de la petición de lluvias y el culto al maíz. Las personas, que en su mayoría son mazahuas (*ntee ñatrjo*), realizan actos ceremoniales a la tierra, al maíz y a la lluvia en forma de agradecimiento. La principal es la fiesta del 19 de marzo, en el día de San José según la iglesia católica, y está profundamente relacionada con el tiempo en que el sol empieza a calentar la tierra. Otra festividad es la del 2 de

febrero, en la que se lleva un poco de semilla seleccionada a la bendición, en la misa de acción de gracias. El 19 de marzo era, hasta hace una década y más, cuando se empezaba a sembrar la mayoría de los cultivos de maíz. Al momento de sembrar, se agradecía a la tierra, y se adornaban las imágenes en la casa del cultivador. Este ritual continúa, aunque la labor de siembra se hace un par de meses después de la entrada de la primavera. A partir del 24 de junio, día que se venera a San Juan Apóstol, es cuando se presentaban con abundancia las lluvias, avanzando el desarrollo del maíz y la maduración de la planta-elote (*muxa*).

### **Descripción de las festividades relacionadas al ciclo agrícola (producción de maíz)**

Del 24 de diciembre al 19 de enero la tierra tiene que descansar del fruto que produjo en este año, es decir que nadie debe de hacer nada en estas fechas ya que es cuando se termina de cortar el rastrojo o varas secas de maíz. Pasando dichas fechas se puede voltear la tierra, es decir arar y empezar a preparar la tierra para poder sembrar.

El resto del mes de enero y a principios del mes de febrero se empieza a labrar la tierra. Como mencionamos anteriormente, se trabaja con animales de tiro como la Yunta de Bueyes (*nzhunu*) la Yunta de Caballos (*pjadu*). Se prepara la tierra con el llamado barbecho y la dobla (primera y segunda); posteriormente se espera hasta que llegue el tiempo de siembra.

En la fecha del 2 de febrero se Celebra a la Virgen de la Candelaria, y en mazahua se realiza una fiesta de bendiciones con una luminaria en la milpa, además de llevar a la iglesia las semillas y mazorcas que se cosecharon en el mes de noviembre y diciembre. Se lleva también la Cruz de Mazorcas para que se le dé la bendición con el agua bendita (*meje mina zoo*) para que se tenga una buena producción en el año que se va a sembrar en la tierra de temporal. Los colores de semilla son; amarillo, negro o azul, rosado y el mas común, que es el color blanco. En este tiempo se desgranar todas las mazorcas.

Al llegar el 18 de marzo, la creencia de la gente mazahua es observar si la primavera entra con

agua, calor o sequía. Con respecto a la Fiesta del 19 de marzo, día de San José, se adorna el fogón que está colocado mirando hacia el oriente (donde sale el sol); se asiste a misa y se lleva un ramo de flores de Rosa de Castilla.

Iniciando la Cuaresma, en todos los viernes que son de “vigilia” se ayuna y se comen tortillas y atole hechos con el maíz nuevo del ciclo anterior. Se empieza a sembrar de acuerdo a qué mes llegue la Semana Santa, tanto puede ser marzo o abril. La siembra en las tierras de temporal se hace tomando en cuenta la humedad que dejó el trabajo pasado.

En la fiesta del 3 de mayo se hace fiesta a la Santa Cruz, generalmente hasta las cumbres de alrededor. Por ello la mayoría de las cruces están en la cima de los montes o cerros. La Sra. Albina Piña mencionó que “la fiesta se hace el día 3 de mayo con una oración y se echan cuetes; con el sumerio acompañado por el copal y las flores de gladiola se pide a Dios que está en los cielos y la creencia es que El es quien manda las lluvias... con la fiesta se abre el cielo e inicia las lluvias para llenar de agua al maíz”.

Posteriormente llega la festividad del 24 de junio en que se celebra a San Juan Evangelista, y donde se lleva a cabo una misa de Acción de Gracias, ya que el maíz está bueno para comer “cañas de azúcar” (*ne ntee ñonu dyee*) y la flor de calabaza ya está buena.

Agosto es el mes en que el elote está en su apogeo, o mejor dicho muy sabroso (*mina zoo*) conocido así por los mazahuas; exactamente el 15 de agosto llega la fiesta a la comunidad de San Juan Jalpa, donde llega la Virgen de Loreto traída de la comunidad de *Ximeje* (que quiere decir en la lengua mazahua “Dice que es agua”) y se cierra la Milpa (*juajma*) con flores del campo como pericón y flores de San José (Señora Albina Piña, notas de campo, 2010).

El *Juajma* consiste en cerrar la milpa y celebrar la presencia de los elotes (*muxa*); también sabemos que en la milpa ya hay cañas (*dyee*) para comer. Pero lo importante de cerrarla es que ningún animal entre a la milpa cuando se vaya a

cosechar; los animales que se pudiesen presentar son las víboras (*kijmi*).

Entre los mazahuas se tiene la creencia de que pasando la fiesta antes mencionada, las lluvias tienen que presentarse con abundancia para que los elotes que no se llenaron de granitos sean beneficiados con la humedad de la milpa. También este acontecimiento está relacionado con la maduración de la hierba para cortarla y darles de comer a los animales (rumiantes o no rumiantes). Aquí los productores esperan a la maduración de la mazorca y piden por que no caiga “hielo negro” conocido también como escarcha por algunas personas. Ya que empieza también en este tiempo “un veranito” donde podemos observar la ausencia de nubes y llegan olas de calor.

En el último día del mes de octubre 29-30 se empiezan a caer los elotes o mazorcas cubiertas con las hojas, aquellas que ya alcanzaron el punto óptimo de maduración en toda la milpa. Llegando el día 2 de noviembre empiezan las cosechas, donde el dueño de la milpa enciende una veladora en las imágenes de su casa para recibir a la nueva semilla en su hogar. Las personas que van a levantar las mazorcas en la milpa llevan consigo un picador y un ayate.

Aproximadamente a mediados del mes de diciembre terminan las cosechas donde se hace alusión al llamado “combate”. Éste consiste en que, cuando se termina de cosechar la última milpa, se hace una fiesta agradeciendo que “Dios” estuvo presente en la milpa. El dueño de la misma ofrece a los peones comida tradicional: pulque (*trapju*), guajolote (*ajna, muxu*) tortillas (*xedyi*). Se adorna la cruz de mazorca, la cual se obtiene gracias a que buscan en toda la milpa una mata de maíz que tenga dos mazorcas. Y se adorna también el último costal; a cada uno de éstos se le coloca su rosario de flor de malva y en su honor y en agradecimiento, se echan cuetes.

Después de El Combate, se escoge el maíz que fue cosechado, se separan las mazorcas según la semilla y el color, mismas que se colocan en las trojes y tapangos listos para secarse y ser

cocinados como nixtamal (*sonú*) en el siguiente año.

### **Mecanismos de predicción del clima y augurios para la producción en el año agrícola**

Existen tres mecanismos para predecir el clima local y determinar cómo será la producción de maíz en la comunidad de San Juan Jalpa: uno consiste en observar el comportamiento del tiempo a fines de diciembre o a principios de enero. El segundo mecanismo implica observar el comportamiento de ciertos animales, y lo he llamado aquí ‘indicadores biológicos’. El tercer procedimiento requiere que los productores de la milpa observen ciertos aspectos del espacio agrícola en sí, a los que denomino ‘indicadores agroecosistémicos’. Además, en el ámbito de lo espiritual y simbólico, están los augurios, mismos que se buscan y se controlan a nivel ritual; dependiendo de ciertas cosas que se observen durante el rito, se cree que algo semejante sucederá en la milpa o con el tiempo meteorológico.

A continuación se describen tales mecanismos de predicción y cómo se producen los augurios, y luego se explica qué entiende el productor mazahua por ‘tiempo’.

### **Las cabañuelas**

Con respecto a la predicción de las lluvias, la Sra. Albina hizo mención que las “cabañuelas” es un tipo de predicción que consiste en observar a detalle los primeros 12 días del mes de enero.

En el estudio realizado por Patrick (2006) en Huitzilapan, un pueblo Otomí en el Mpio. Lerma, el Señor Abdón Torres mencionó que las cabañuelas se realizaban por sus antepasados en el mes de diciembre. Los días pueden estar nublados, con aire, soleados y secos; dependiendo de cómo estén esos días es como va a estar el clima todo el año.

Durante las cabañuelas las personas de la comunidad observan el tiempo para prever cómo será el ciclo de producción, esperando que se tenga un buen clima: poco calor, muchas lluvias y poco hielo.

Las cabañuelas del mes de diciembre de 2009 iniciaron con viento, lluvias y sólo 3 días de calor, por ello no hizo tanto calor en la semana santa y sembraron maíz amarillo y blanco.

Todo lo contrario sucedió con las cabañuelas presentadas en el mes de enero de 2010. Según la predicción de las personas de la comunidad la señora Piña, el señor Cruz y el señor Sánchez (notas de campo, 2010) mencionan que los días estuvieron muy soleados, con aire y poca vista de nubes en el cielo, por lo que según ellos llovería hasta mediados de junio. Por ello explicaron que sólo llovió tres veces en este mes de mayo 2010: el 16 de mayo que fue domingo, el 26 y el 27 de mayo.

### **Indicadores biológicos**

Entre los animalitos y las plantas que llaman la atención por su comportamiento en función de las lluvias, están los siguientes, según la Señora Albina Piña, Arturo Sánchez y Ricardo Cruz (notas de campo, 2010):

**Luciérnagas (Coleoptera: Lampyridae):** Son insectos voladores que se asocian con la aparición de un nuevo ciclo de lluvias, o que anuncian que las lluvias están cerca. En el año 2010 hicieron su aparición el día 16 de mayo por la noche, cuando se dio la primera lluvia de poca intensidad.

**Pipiolos:** Son escarabajos (Scarabidae) voladores de color café rojizo, escarabajos que salen de la tierra mojada; algo que nadie se ha explicado es que sólo se presentan en la tarde-noche, y están presentes después de una tarde lluviosa, indicando que el agua que cae está mojando demasiado la tierra.

Estos insectos son alimento para las aves de corral como: pollos, guajolotes, patos, gansos y aves silvestres. Los pipiolos sólo se presentan en el mes de mayo cuando empiezan las lluvias, aunque en este año se observaron en la 2ª y 3ª semana de junio.

**Golondrinas:** La Sra. Albina nos asegura que las golondrinas también son indicadores del inicio del ciclo de las lluvias. Cuando un día amanece nublado, estas aves empiezan a cantar y se

comunican entre si, parvada con parvada. Inicia así una nueva generación para ella, ya que el cortejo es algo que hacen sólo cuando empieza la temporada de lluvias en el mes de mayo.

Las golondrinas empiezan a “poner” sus huevecillos en este mes, no sin antes fabricar sus nidos con lodo y pasto seco en los “corredores” de las casas. Es decir, que su reproducción está directamente asociada a la temporada de lluvias, pudiéndose observar esta conducta cuando empieza una lluvia y posterior a ella también.

**Flores de Mayo:** Son flores pequeñas de color rojo rosa y blanco, y en su mayoría que son utilizadas como juguete por niños y niñas que cuidan sus animales en el llano, ya que las podemos encontrar en las besanas o terrenos baldíos si no falta agua. Estas plantitas salen con la primera lluvia. En 2010 se presentaron hasta el 4 de Junio.

### **Indicadores agroecosistémicos a observar en la milpa**

En el espacio de la milpa, es posible determinar cuándo se dan las condiciones más idóneas para proceder a realizar cada una de las labores agrícolas, favoreciendo así una buena producción. Para ello se observan detalles muy específicos del suelo, así como también la intensidad de calor y la presencia de rocío.

**1. Humedad** El Sr. Cruz hace la siguiente remembranza: “Anteriormente si uno de nosotros cavaba un agujero en la milpa de 25 cm. aproximadamente, se notaba lo mojado que se encontraba la tierra. Esto es producto de la buena labranza iniciada en los meses enero-febrero donde se barbecha y se dobla la tierra con la yunta.” El no tener tierra húmeda para los cultivos de maíz de temporal indica que se tendrá una mala producción, afectándose la alimentación de cada una de las familias de la Comunidad SJJ. En una entrevista formal a la Sra. Albina Piña, ella mencionó que “Antes empezaba a llover a mediados de mayo, pero había humedad suficiente en la mayoría de las milpas de temporal, y no hacía demasiada calor como hoy. Pienso que las prolongadas olas de

calor son las que acaban con la humedad de las tierras para cultivar”.

**2. Calor** La insolación y las olas de calor presentadas en el mes de mayo se han hecho mucho más intensas y prolongadas durante los últimos 5 años. Dicho fenómeno está perjudicando la producción de maíz, al terminar con la poca humedad acumulada en el ciclo anterior. El Sr. Cruz asegura que el cambio que se ha notado son los intensos calores que se están prolongando en el mes de mayo y “ahorita que es 3 de junio de 2010, no ha llovido lo suficiente para humedecer la tierra y (asegurar) que el agua pueda llegar hasta la raíz de la planta.”

**3. Rocío** Otra forma que tienen los habitantes de SJJ para prever el tiempo es levantar una piedra “laja” por la mañana, y si ésta tiene algunas gotas de rocío por debajo, esto puede indicar que hay posibilidades que al día siguiente llueva en este lugar.

#### **Indicadores culturales**

Existen creencias asociadas a las festividades acerca de la producción de maíz. Cada festividad tiene su propia creencia por parte de las personas de la comunidad, y si algo tienen las fiestas es que son sagradas para la gente; cada celebración tiene un objetivo en común: que la producción en la milpa llegue a un buen término.

Empezamos con el día de la Candelaria, el 2 de febrero. Desde el 1 en la noche es la luminaria. La creencia es que se alumbra a la semilla en la noche para que el día 2 por la mañana sea llevada a la Iglesia. La gente lleva la semilla con el propósito de que le caiga agua bendita. Se lleva de todo tipo de semilla, azul, amarilla, rosada, blanco y pinto. La creencia que se tiene es que aquella persona que no lleve su semilla a bendecir, no logrará que ésta germine después de haberla sembrado. La Sra. Albina Piña comentó “Yo llevo mi semilla a bendecir; no quiero que, cuando la vaya a sembrar no salga y se pudra dentro de la tierra”.

Otra creencia acerca de la semilla es que cuando la abuelita esté desgranando o seleccionando los mejores granos, los niños que están mudando de

dientes y molares no deben de tocarla. La Señora Algina Piña dice que si los niños tocan la semilla en este estado, existe la posibilidad que sus dientes crezcan “chuecos”.

Otra creencia deriva del conocimiento entre los mazahuas de que, cuando entre las nubes hay una “cola de agua o granizo” o de aire, ésta puede causar algún destrozo en la milpa de cultivo. Las personas tienen una creencia que consiste en cortar la cola con un “machete” “cuchillo” o lo más común con una oz. El procedimiento implica dirigir el acto de cortar hacia la “cola” a veces poniendo algunas palabras o plegarias en mazahua o en español. Otra manera de acabarla o destruirla es formar una Cruz con sal de mesa en dirección vertical donde está formada la “cola”. Con esto se tiene la creencia que se destruye o deshace, evitando que la maldad toque tierra y pueda dañar los cultivos de maíz. Pasa lo mismo con las palmas y cirios “benditos”. Estos se adquirieron en la Semana Santa, se queman y se prenden cuando se observa una formación de nubes como la que se mencionó anteriormente, para que se deshaga la formación de alguna tromba de aire y granizo.

#### **Conceptuación del tiempo**

El tiempo para los mazahuas campesinos está ligado en tres fases de la producción principalmente, mismas que se describen a continuación:

**La temporada de fríos:** Es aquella que se presenta desde el término de la cosecha hasta cuando se corta el zacate o las varas secas de maíz. El Sr. Arturo nos describe su trabajo en el mes de diciembre de 2009: “El mes de noviembre y diciembre trabajo sólo por las mañanas porque ya no me preocupó de recoger maíz, ahora sólo estoy recogiendo el zacate para dárselo a mis animales, después voy a trabajar y empezar a preparar la tierra para esperar otro año de vida más.”

**La temporada de calor:** Es la que inicia con la festividad de San José el 19 de marzo que convencionalmente se conoce como la “entrada” de la primavera. La mayoría de las personas de la comunidad de SJJ en los años 1989 a 1994 sembraban maíz blanco en esta fecha. La Sra. Albina menciona que en el mes de marzo, abril y

parte de mayo es cuando se inician los trabajos de siembra en la milpa. Antes que llegue el mes de junio el maíz debe desarrollarse con la humedad que dejó el ciclo pasado.

**La temporada de lluvias:** Iniciada a principios del mes de junio, llega para ayudar al maíz a crecer y llegar al punto óptimo de su desarrollo. Es cuando la planta necesita de agua para que las raíces crezcan y se extiendan, por lo tanto es indispensable el agua en los cultivos de temporal y de riego. Acompañada la mayoría de las veces por fertilizantes químicos, se desarrolla hasta en el mes de agosto, cuando el elote de la planta de maíz está completo.

### **Percepción de habitantes sobre el impacto del cambio climático local en la planta de maíz y en las lluvias**

#### ***Cambios en el tiempo de siembra del maíz y sus implicancias en el tiempo de desarrollo de la planta.***

Desde hace una década, los productores de maíz han optado por sembrar únicamente aquellas semillas que necesitan de poca agua para desarrollarse. La Sra. Albina Piña comenta que sólo siembran aquellas que necesitan de poca humedad para desarrollarse debido a la modificación del régimen de lluvias.

Anteriormente no sembraban la semilla negra, la cual se siembra más tarde en el ciclo debido a su rápido desarrollo. Dicen ellos que no había ninguna necesidad de hacerlo, ya que el ciclo agrícola no estaba desfasado, como se presenta hoy en día.

El Sr. Cruz menciona: “Yo recuerdo que aproximadamente en el año 1985 cuando yo tenía 19 años, mi papá sembraba en el mes de marzo en honor a la fiesta de San José, sembraba la milpa ya que había suficiente humedad; sólo sembrábamos maíz o semilla amarilla y blanca, después el maíz empezaba a “agujear” a los 8 días. Para cuando llegaba el mes de mayo 10 (día de la mamá) mis hermanos más pequeños jugaban a esconderse en la milpa que alcanzaba una altura aproximada de 50 a 65 cm. Y cuando mi hermano salió de la escuela primaria (entre la

última semana de junio y la primer semana de julio) el maíz ya estaba con su espiga”.

Los habitantes de la comunidad de SJJ han notado cambios en los indicadores biológicos. Tanto el señor Piña como el señor Cruz mencionan que desde el año de 1999 hasta la fecha se han notado cambios que son perjudiciales para los cultivos.

El atraso de las lluvias ha disminuido el desarrollo de las plantas en la milpa. Se mencionó arriba que en el mes de junio, cuando son las clausuras escolares, el maíz ya tenía su espiga y tenía su “arroz”, es decir polen. “Ahorita para estas fechas (mayo) el maíz no llega ni a los 25 cm”. Esto qué quiere decir, que no ha habido una producción homogénea durante los últimos 10 años. El atraso de las lluvias retrasa cada uno de los trabajos que se llevan a cabo en la milpa, desde la siembra, pasando por la 1ª y la 2ª escarda, el deshierbe, y hasta la cosecha.

El Sr. Cruz comentó que en 1985 los trabajos empezaban desde el 19 de marzo, y que el 2 de noviembre se iniciaban las cosechas. “Ya no veías a ninguna gente trabajando en la milpa el día 16 de noviembre”. La falta de agua o el adelanto de las lluvias hacen un descontrol en los trabajos, obteniendo una baja producción.

Ahora los indicadores biológicos son los que más están advirtiendo el atraso de las lluvias. Una evidencia de ello son los “mayitos”, que hasta el 4 de junio de 2010 empezaron a florear, mientras que en los años de 1995 empezaban a florecer a mediados del mes de mayo. La falta de humedad hace que se retrase la aparición de estas plantas herbáceas y que la planta del maíz se desarrolle lentamente, o no alcance su plena madurez.

Integrando la información recogida mediante las entrevistas, podemos comparar que los trabajos en la milpa se van realizando de acuerdo con la temporada de lluvias, adaptándose al nuevo clima, y vemos que en los últimos 14 años se está observando un desfase muy considerable en los tiempos de producción local de maíz. El Cuadro 1 muestra que la siembra se ha atrasado

más de 60 días, las escardas más de 30 días y el deshierbe veinte días. A su vez, el desarrollo de la planta se ha retrasado de tal manera que la aparición de la espiga se da ahora bastante después del 15 de agosto (cuando se realiza el tradicional cierre de la milpa); el jilote maduro (es decir, los elotitos) ya no están a fines de agosto, sino que hasta finales de septiembre. La cosecha del maíz con grano maduro ya no se puede hacer a partir del 2 de noviembre, como siempre se había hecho, sino que desde alrededor del 8 de diciembre en adelante.

**Cuadro 1. Calendario agrícola que muestra las labores desfasadas.**

Tipo de Labor	Año de Trabajo Agrícola	
	Año 1995	Año 2009
Siembra	19 de Marzo	23 de Mayo
Primera Escarda	22 de Mayo	26 de Junio
Segunda Escarda	12 Junio	23 de Julio
Deshierbe	9 de Julio	30 de Julio
Aparición de Espiga	2 de Agosto	24 de Agosto
Jilote maduro (elotes)	28 de Agosto	23 de Septiembre
Cosecha	2 de Noviembre	8 Diciembre

Fuente: Elaboración propia de acuerdo con información de entrevistas formales con el Sr. Arturo Sánchez.

Ahora bien, la semilla sembrada en el año de 1995 era la blanca; ésta necesita de mayor humedad y es precisamente por esta razón que se tenía que sembrar en el mes de marzo. En cambio la semilla azul necesita de menos humedad, y se desarrolla en menor tiempo, por ello es la que se sembró en el año 2009, año en el que la falta de agua se hizo presente.

Al preguntar a los productores qué fechas son las ideales para sembrar cada color de maíz, ellos han contestado que, en la actualidad, no existe una fecha límite para sembrar colores y tipos de maíz. Ahora los trabajos se van realizando “como se presente la temporada de lluvias”. En los últimos 3 años se ha tendido a sembrar el maíz negro o azul en la mayoría de los cultivos de maíz de temporal. Anteriormente no se veía el atraso tan marcado de las lluvias, y por ello todavía sembraban el maíz blanco y amarillo.

**Afectación del cambio climático en el patrón de lluvias,** ¿El periodo de lluvias es más corto? En los últimos años sí, comenta la Sra. Albina que en el año 2000 las cabañuelas fueron las

más bonitas, porque no hubo mucho viento, hubo agua y se obtuvo una cosecha regular. Una clara evidencia del cambio en el clima local es en año 2010, año en que el ciclo agrícola está más desfasado, a no ser que tomemos en cuenta las lluvias presentadas el mes de febrero<sup>iv</sup> pasado. Hasta ahora los indicadores biológicos se han acomodado conforme al ciclo de las lluvias: hay pocos pipiols, pocas golondrinas y los mayitos empiezan a salir hasta junio.

El día 2 de febrero de 2010 llovió con tanta intensidad que se llenaron de agua los bordos y presas de la comunidad, con más de 144 horas intensas de lluvias. La fuerte precipitación en torno al 2 de febrero, no fue aprovechable debido al tiempo en que se presentó. Luego, desde febrero hasta julio, se dio una sequía que resultó perjudicial para los cultivos de maíz y haba. El atraso del inicio de ciclo de lluvias en el año 2010 trajo consigo el desfase de los trabajos en la milpa, y por consiguiente una baja producción, una alerta “amarilla” –por así decirlo– en la alimentación de las familias. Es aquí donde las personas de la comunidad notan los cambios presentados en el ambiente, aseverando que “ya no es lo mismo”.

### Registro de lluvias en 2009 y 2010

Durante la investigación se procedió a mantener un registro de las lluvias en lo que respecta a las primeras fechas en que se presentaron al inicio del ciclo anual, al tipo de precipitación y a la duración e intensidad de la misma.

**Cuadro 2. Seguimiento al ciclo de lluvias en 2009 y 2010**

Presencia de lluvias en la comunidad de SJJ en el año 2010					
Fecha/ Lluvia	15 de mayo a 15 de junio	Resultado	15 de junio a 15 de agosto	Resultado	15 de agosto
Tipo de precipitación	Gotas pequeñas	No llovió con gran intensidad por ello los cultivos de maíz se estuvieron secando	Gotas grandes y viento	Debido al retraso de las lluvias el maíz no llegó a desarrollarse como tal	Gotas pequeñas
Duración	15 minutos		12 horas		8 horas
Intensidad	baja		Alta		Mediana

Fuente: Elaboración personal de acuerdo al registro del ciclo de lluvias presentado en 2010

A medida que va pasando el tiempo el patrón anual de lluvias se va recorriendo. En el presente

año existió un atraso considerable, causando así que los trabajos se demoraran más de un mes y la producción se viera afectada en forma parcial. Además, el exceso y luego la falta de lluvias, están originando inquietud en las personas de la comunidad, quienes lo relacionan directamente con el cambio climático local.

### CONCLUSIONES

Los cultivos de maíz a gran escala son manejados como un negocio, pero los cultivos en pequeñas proporciones, donde sólo se contemplan los cultivos de temporal, están encaminados a un solo fin: el autoconsumo. En la comunidad de SJJ, quien trabaja sus tierras produce su propio alimento, consistente en el alimento de todos los días (las tortillas) y en el alimento ceremonial (el atole y los tamales, que sólo se preparan en las festividades) que al menos se consume cuatro veces a lo largo del año.

Existen muchas milpas abandonadas en la comunidad por el tema de la migración. Pero poco a poco, la conclusión a la que están llegando los propios pobladores es que se tiene que trabajar la tierra para no comprar maíz. En una entrevista formal, la Sra. Estela Sánchez hizo el comentario:

Me fui para la ciudad de México en 2008. Dejé las tierras abandonadas; ahora que regreso me doy cuenta que el sembrar un pedazo de tierra y obtener un poco de maíz es más viable que el estar comprando los granos. Aquí en la comunidad me dejan el cuartillo de maíz a 5 pesos, y tenía que comprar a la semana un poco más de 15 cuartillos.

El impacto que se ha tenido debido al cambio en el clima local sobre la producción de maíz es alarmante a todos los niveles, y particularmente a nivel cultural, ya que como se mencionaba anteriormente, el maíz es la dieta básica de las personas mazahuas, quienes dependen de su cultivo.

Las nuevas ideas que cada uno de los habitantes de la comunidad están aplicando para reducir el impacto del cambio climático son muy

interesantes. Para que el ciclo agrícola de temporal no se retrase algunas personas que tienen presas o almacenamiento de agua de lluvia, están utilizando el sistema de riego para aquellos cultivos en los que el tipo de suelo no guarda la humedad suficiente para que pueda nacer la planta.

En la comunidad hay varias personas que, desde 1975 aproximadamente, se dieron a la tarea de construir dichos almacenamientos de agua, con el objetivo de regar las matas de maíz cuando la lluvia fuese escasa.

La adaptación a los cambios en el ciclo de producción de maíz se ha dado principalmente en lo relativo a garantizar la humedad de la tierra al inicio de la temporada de siembra. Las semillas son netamente locales, y el cultivo de semilla mejorada o transgénica no está dentro del interés de cada una de las personas. La producción intensiva de los cultivos de riego introdujeron a la comunidad la semilla mejorada, pero los cultivadores locales no optaron por dicha alternativa, ya que mencionan que vuelve estéril la tierra y que va en contra de las costumbres y tradiciones.

Ahora bien, introducir agua de riego no sería lo correcto, y no porque las personas no lo hayan pensado, sino que de acuerdo con la altitud a que se encuentran los cultivos de la unidad de estudio, ello resultaría muy costoso. Además existe una pendiente en los terrenos del 40%. Introducir las maquinarias agrícolas con dicha pendiente resulta muy laborioso, por ello sólo se trabaja con las yuntas de animales, y esto probablemente no cambiará.

La única solución que se puede implementar para garantizar la humedad de la tierra hacia fines de la temporada de secas, son los bordos de abrevadero o las presas que de por sí, la mayoría de la comunidad tiene. Lo grave es que aún así, el agua que guardan dichos bordos no ha sido suficiente para ayudar al maíz a crecer hasta que empieza la temporada de lluvias; así sucedió apenas, en el año 2010. En este sentido, podemos decir con certeza que el maíz es, y será,

el cultivo más afectado por los drásticos cambios en el clima.

De acuerdo con las entrevistas realizadas a las personas de la comunidad, el patrón anual de lluvias modifica la calendarización de las actividades agrícola y también el vínculo familiar, porque los tiempos para las tareas a veces no se compaginan con la disponibilidad de tiempo de las personas, ya que ellas pasan gran parte del año lejos de sus casas. Esto también contribuye a la pérdida parcial de la capacidad productiva de los cultivos de maíz. Lo que ha llamado la atención es que no cambian las fechas de los rituales en agradecimiento a la madre tierra, y como estos rituales ya no son sincrónicos con las labores agrícolas, la gente que participa en los primeros no puede de inmediato involucrarse en el trabajo en la milpa. Es decir, hay una separación temporal muy considerable entre la fiesta ritual, el acontecimiento meteorológico o el momento biológico de la planta, y la labor que tradicionalmente estaba asociada a los dos primeros aspectos. Esto sin duda, pone en riesgo la capacidad productiva de maíz del pueblo mazahua.

#### LITERATURA CITADA

- Broda, J. 1999. **Cosmovisión, ritual de los pueblos indígenas de México.** CONACULTA, México. pp. 215-261.
- CDB. 2005. **Afectación a los cultivos agrícolas.** Día Internacional de la Diversidad Biológica. pp. 16-32.
- Cómo nos afecta el Cambio Climático,** (En línea). Disponible en <http://www.cambioclimaticoglobal.com>. Consultado 9 de marzo de 2009.
- Conabio. 2008. **Consecuencias del Cambio Climático Global,** consultado 18 de mayo de 2009, de <http://www.conabio.gob.mx/institucion/cdb>.
- Editor. 2005. **¿Qué es el cambio Climático? Muy Especial.** Volumen 51, Pp. 84-85
- García, Enriqueta, 2004. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köopen: para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana.** Enriqueta García (5ta Edición). México.
- Gil, J. 1996. **Origen y expansión del maíz.** UACH. México. pp. 15-22.
- Gore, Al, 2008 **Cambio climático,** consultada el 13 de mayo de 2009, de [www.revistaecosistemas.net/articulo.asp](http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp)
- Gore, Al, 2006. **Una verdad Incomoda,** (En línea). Disponible en [www.elmundo.es/elmundo/2006/10/26/ciencia/](http://www.elmundo.es/elmundo/2006/10/26/ciencia/). Consultado 15 de junio de 2009.
- Nolasco. M. A [n. d] **Monografía de San Felipe del Progreso,** consultada el 12 de Junio de 2009, de <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo>.
- Patrick, G. (2008). **Un análisis epistémico y semántico para establecer su estructura** [versión electrónica]. pp. 1-13.

#### Moisés Cruz López

Egresado de la Lic. Desarrollo Sustentable por la Universidad Intercultural del Estado de México, correo electrónico: moy\_bae@hotmail.com.

---

<sup>i</sup> La temporada de lluvias en esta zona comienza el 15 de mayo y continúa hasta el 15 de octubre. Le llamaré ciclo de lluvias anual al intervalo de fechas tomados en cuenta por el campesino.

<sup>ii</sup> En cursiva algunas palabras escritas en lengua materna, mazahua región norte del Estado de México.

<sup>iii</sup> Se le denomina "Patita" al tallo del maíz antes de que le nazcan las raíces posteriores a la maduración de la planta

<sup>iv</sup> En el mes de febrero de 2010, se presentó una semana con lluvia intensa durante 7 días donde las presas, ríos y bordos estuvieron al límite de su capacidad.

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2011

## **COMPLEJOS RACIALES DE POBLACIONES DE MAÍZ EVALUADAS EN SAN MARTÍN HUAMELULPAN, OAXACA**

José Luis Chávez-Servia; Prisciliano Diego-Flores y José Cruz Carrillo-Rodríguez

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 107-115.



**e-revist@s**

## COMPLEJOS RACIALES DE POBLACIONES DE MAÍZ EVALUADAS EN SAN MARTÍN HUAMELULPAN, OAXACA

### RACIAL COMPLEXES OF MAIZE POPULATIONS EVALUATED IN SAN MARTÍN HUAMELULPAN, OAXACA

José Luis Chávez-Servia<sup>1\*</sup>; Prisciliano Diego-Flores<sup>2</sup> y José Cruz Carrillo-Rodríguez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca. E-mail: jchavezservia@yahoo.com; <sup>2</sup>Departamento de Postgrado e Investigación del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México (DEPI-ITVO). E-mail: diegoflo80@hotmail.com y jcarrillo\_rodriguez@hotmail.com.

\*Autor para correspondencia (jchavezservia@servia.com)

#### RESUMEN

El sistema milpa genera y mantiene la mayor proporción de la diversidad de maíz en México, y particularmente en la región Mixteca oaxaqueña este proceso ocurre desde la época precolombina. Con el objetivo de evaluar la variación fenotípica del maíz mixteco, se hizo una colecta y caracterización de 100 muestras poblacionales de maíz de 14 municipios del distrito de Tlaxiaco, Oaxaca. Las muestras se sembraron bajo un diseño de látice simple con dos repeticiones en el ciclo verano-otoño 2008. La descripción morfológica se realizó con base en 18 caracteres más el rendimiento de grano. El análisis de varianza detectó diferencias significativas entre colectas para todas las variables, excepto para número de ramas secundarias de la espiga y diámetro del raquis del olote. El análisis de componentes principales mostró que la variación morfológica evaluada presentó un patrón altitudinal de acuerdo con el origen de colecta. La altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas de la espiga, días a floración femenina, longitud y número de hileras de la mazorca explicaron la mayor proporción de la variabilidad morfológica. Se determinaron nueve grupos fenotípicos mediante el análisis de conglomerados, denominados como raza Mixteco, raza Chalqueño y siete complejos raciales integrados por expresiones fenotípicas de las razas Chalqueño, Cónico, Mixteco y Pepitilla. Las colectas mostraron una alta variación morfológica y en rendimiento, y se diferenciaron las razas Chalqueño y Mixteco, y siete complejos raciales. Durante la evaluación se observaron poblaciones con características de mazorca semejantes a las descritas para las razas Bolita, Serrano Mixe y Ancho.

**Palabras clave:** Zea mays, análisis de conglomerado y complejos raciales de maíz.

#### SUMMARY

The milpa system produces and maintains the major proportion of maize diversity of Mexico and particularly in the Mixtec-Oaxaca region such event occurs since pre-Columbian age. In order to evaluate the phenotypic variation of the Mixtec maize, 100 samples were collected in 14 municipalities of the Tlaxiaco district, Oaxaca. The collection was morphologically characterized under a simple lattice design with two replications during summer-fall 2008. Morphological description was made by 18 variables as well as grain yield. The analysis of variance showed significant differences among the samples for all evaluated variables, except for the number of secondary branches on tassel and rachis diameter of the pith.

According to principal component analysis, the morphological variation presented a pattern of altitudinal variation following the accession origin. Cob and plant height, length and number of branches on tassel, days to tasseling and to silking, cob length and number of rows on cob, explained the major proportion of the morphological variability. All samples were classified into nine phenotypic groups by cluster analysis; they were called as Mixteco race, Chalqueño race, and seven racial complexes that joined combinations of the Chalqueño, Conico, Mixteco and Pepitilla races. There was a high morphological variation among evaluated samples and the Mixteco and Chalqueño races were differentiated, but also seven groups that phenotypically correspond to racial complexes. In the evaluation were observed samples with cob characteristics closely to the description of the Bolita, Serrano Mixe and Ancho races.

**Keywords:** Zea mays, cluster analysis and racial complexes of maize.

#### INTRODUCCIÓN

Los habitantes de la Mixteca oaxaqueña obtienen de la milpa los principales alimentos que conforman su dieta; maíz, frijol, calabaza (*Cucurbita* spp.), chilacayote (*Cucurbita ficifolia* L.) y una gran variedad de plantas nativas de recolección (Katz y Vargas, 1990). La milpa es el sistema de policultivo donde el maíz, desde tiempos precolombinos, ha desempeñado una función social y económica importante, y sigue evolucionando y diversificándose bajo domesticación en condiciones de suelos de baja fertilidad, ligeros, erosionados y con bajo o nulo uso de insumos (Anderson y Finan, 1945; Wellhausen *et al.*, 1951; Volke *et al.*, 1998). En el Estado de Oaxaca se siembran anualmente más de 500 mil hectáreas, y en la región Mixteca alrededor de 120 mil hectáreas; del total, 87.6% corresponden a siembras de temporal y monocultivo o en asociación con un rendimiento promedio, en el Estado, de 1.32 t ha<sup>-1</sup> (SEIDRUS, 2009).

Los diversos enfoques acerca del estudio de la diversidad de maíz en México, parten del concepto de raza como unidad de análisis, definición propuesta por Anderson y Clutler (1942), y generalmente se toma como referencia la clasificación inicial de Wellhausen *et al.* (1951), la que se basó en características de planta, mazorca, espiga, fisiológicas, genéticas y citológicas. En décadas recientes, Sánchez *et al.* (2000) clasificaron a 209 accesiones de diferentes regiones de México, en 59 razas de maíz, y a partir de datos morfológicos e isoenzimáticos las razas fueron clasificadas en siete grupos raciales: Cónico, Sierra de Chihuahua, Ocho hileras, Chapalote, Dentados tropicales, Tardíos y Olotillo. Por otro lado, cuando se utilizan marcadores moleculares (SSR), las razas se agrupan en complejos raciales (Reif *et al.*, 2006). A nivel local o regional, la variación dentro de razas es evidente cuando se evalúan caracteres cuantitativos, agronómicos o se emplean marcadores molecular para estimar la diversidad interpoblacional (Herrera *et al.*, 2000; Pressoir y Berthaud, 2004a).

Para el Estado de Oaxaca existe cierta información acerca de la diversidad de maíz y su distribución (Pressoir y Berthaud, 2004a, b; López-Romero *et al.*, 2005; Aragón *et al.*, 2006). Sin embargo, la mayor parte de información disponible describe la diversidad de maíz del centro y sur del Estado, y se tienen escasas referencias de la región Mixteca. Aragón *et al.* (2006) señalaron que en la Mixteca oaxaqueña se pueden diferenciar fenotípicamente más de 20 razas de maíz; entre estas, sobresalen, por la mayor frecuencia, las razas Cónico, Chalqueño, Pepitilla, Elotes Cónicos, ciertos complejos raciales fenotípicos y un grupo de razas incipientes no muy documentadas que denominaron como Mixteco y Serrano Mixe. Benz (1997 y 1986) describió la raza Mixteco de maíz para esa región de Oaxaca y posteriormente, mediante el uso de isoenzimas. En el trabajo de Sánchez *et al.* (2000), a la raza Mixteco la agrupo dentro de maíces Cónicos. Todo esto denota la falta de estudios más precisos que documenten la variabilidad morfológica existente, la dinámica de las

poblaciones, el potencial productivo y la diversidad morfo-genotípica de maíz en la Mixteca oaxaqueña.

En diferentes regiones de México, las poblaciones cultivadas de maíz por los pequeños agricultores son altamente dinámicas debido a diversos factores de manejo humano y del ambiente. Entre los primeros se destaca el intercambio de semillas o sistema informal de semillas (Badstue *et al.*, 2006) y la selección que hacen los agricultores de caracteres fisiológicos, de planta y mazorca (Soleri y Cleveland, 2001; Pressoir y Berthaud, 2004b). En los segundos esta la adaptación natural a micronichos y gradientes altitudinales (Muñoz *et al.*, 2002; Ruiz-Corral *et al.*, 2008; Mercer *et al.*, 2008). Particularmente en la Mixteca oaxaqueña, semejantes presiones de selección han tenido fuerte influencia en la poblaciones de maíz, ya que han generado adaptaciones específicas a condiciones de estrés hídrico como los maíces de “cajete” (Muñoz *et al.*, 2002; Hayano-Kanashiro *et al.*, 2009), poblaciones con caracteres morfológicos distintivos como la raza Mixteco (Benz, 1986 y 1997) y otros complejos raciales del tipo Chalqueño, Cónico y Pepitilla (Aragón *et al.*, 2006). Esto indica que, las poblaciones siguen adaptándose a los actuales cambios climáticos y presiones de selección del hombre. El objetivo del trabajo fue evaluar la variación morfológica fenotípica de 100 poblaciones de maíz colectadas en 14 municipios del distrito político de Tlaxiaco de la región Mixteca alta oaxaqueña.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Región de colecta de muestras poblacionales de maíz

La colecta de muestras se realizó en el distrito geopolítico de Tlaxiaco, al noroeste del Estado de Oaxaca, entre las coordenadas 16° 53' 43'' y 17° 27' 37'' LN y 97° 31' 36'' y 97° 46' 9'' LO con una variación de altitud de 2019 a 2900 m, de 12 a 22 °C de temperatura, y los meses más fríos y con alta probabilidad de heladas son noviembre, diciembre, enero y febrero. Las lluvias también son altamente variables durante el verano y oscilan entre 550 y 2177 mm de

precipitación anual. El clima también varía ampliamente desde los semicálidos subhúmedos (ACw) hasta templados subhúmedos -C(w2)- (García, 1988; Arellanes *et al.*, 2006).

Entre enero y mayo de 2008, se colectaron 100 muestras poblacionales de maíz en diferentes comunidades de los municipios de San Esteban Atlatlahuca (24), San Miguel El Grande (17), Santiago Nundiche (2), Chalcatongo de Hidalgo (18), Santa Catarina Yosonotú (1), Santa Catarina Ticuá (5), San Pedro Martir Yucucacó (3), San Pedro Molinos (2), Magdalena Peñasco (3), Santa Cruz Nundaco (5), Santa Cruz Tayata (4), Santa María del Rosario (2), San Juan Ñumi (9) y Tlaxiaco (5). Después de la colecta y con base en la apariencia fenotípica de mazorca, cada muestra se clasificó dentro de una raza de acuerdo con las descripciones previas de Wellhausen *et al.* (1951), Benz (1986), Herrera *et al.* (2000) y Aragón *et al.* (2006).

#### **Siembra y caracterización morfológica**

Durante el verano-otoño de 2008, una vez que inició el periodo de lluvias, se sembró el experimento de caracterización en la parcela comunal del municipio de San Martín Huamelulpan, Oaxaca a 2200 m de altitud. Las 100 colectas fueron distribuidas en campo, bajo un diseño de látice simple con dos repeticiones. La descripción morfológica se realizó con base en 18 caracteres morfológicos elegidos a partir del reporte de Herrera *et al.* (2000) sobre la caracterización de maíz en la raza Chalqueño, y la evaluación se hizo mediante los descriptores propuestos por el IBPGR (1991). Adicionalmente, se evaluó el rendimiento por parcela.

#### **Análisis estadísticos**

Se hizo un análisis de varianza mediante el modelo lineal de látice simple. Posteriormente, al promedio de las variables morfológicas por colecta se aplicó el análisis de componentes principales para describir la variabilidad agromorfológica evaluada.

Complementariamente se realizó una clasificación fenotípica, con base en las variables morfológicas estandarizadas, mediante un análisis de conglomerados de agrupamiento jerárquico por el método de Warm. El punto de corte se basó en el estadístico de t ( $P \leq 0.05$ ). Todos los análisis se hicieron con ayuda de los programas estadísticos SAS (SAS, 1999) y Clustan Graphics (Clustan®; Clustan Graphics Version 5.22, Dec. 2001. Clustan Ltd Edinburgh, Scotland).

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

La gran variedad ecológica o de micronichos en la Mixteca oaxaqueña tiende a generar una presión de selección natural sobre las poblaciones de maíz y coexisten con los subgrupos socioculturales de indígenas Mixtecos. En este bioespacio Mixteco oaxaqueño se concentra una alta variabilidad morfo-fenotípica de maíz que se reflejó en los resultados de este trabajo. En el análisis de varianza se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en las variables morfológicas evaluadas de planta (altura de mazorca y planta), fisiológicas (días a floración masculina y femenina), de espiga (longitud total, de la panoja y longitud de la parte ramificada, y número de ramas primarias), de mazorca (longitud, diámetro y número de hileras), de grano (longitud, ancho y grosor) y rendimiento de grano. No hubo diferencias significativas ( $P > 0.5$ ) para número de ramas secundarias de la espiga y diámetro del raquis del olote. Entre 1.8 y 27.9 % fue el valor para los coeficientes de variación. Por ejemplo, la altura de mazorca y planta varió de 0.58 a 1.15 y de 1.1 a 1.83 m, respectivamente; la longitud y diámetro de mazorca de 4.7 a 19.9 y de 2.6 a 6.9 cm, respectivamente; el ancho de grano de 6.8 a 9.3 mm; y el rendimiento de grano varió de 0.5 a 3.86 ton ha<sup>-1</sup> (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Valores mínimo, máximo, cuadrado medio del análisis de varianza y coeficiente de variación de la caracterización morfológica de maíz en la Mixteca oaxaqueña. Verano-otoño 2008.**

VARIABLES EVALUADAS	Mínimo	Máximo	Cuadrado medio	CV
Altura de planta (cm)	109.7	183.0	1264.37**	16.9
Altura de mazorca (cm)	58.3	115.1	829.61**	24.4
Longitud de la parte ramificada de la espiga (cm)	1.8	8.4	0.34 <sup>NS</sup>	27.9
Número de ramas primarias de la espiga	2.1	7.2	0.24**	18.3
Número de ramas secundarias de la espiga	0.0	1.6	0.08*	18.9
Longitud del pedúnculo de la espiga (cm)	22.6	40.3	29.28**	13.6
Longitud de panoja o espiga (cm)	23.3	48.2	132.16**	15.9
Longitud total de la espiga (cm)	45.2	79.6	232.70**	9.4
Días a floración masculina	95.0	113.0	94.73**	1.8
Días a floración femenina	95.8	112.8	100.46**	2.5
Longitud de la mazorca (cm)	4.7	19.9	29.98**	7.9
Diámetro de la mazorca (cm)	2.6	6.9	1.85**	22.5
Número de hileras de la mazorca	9.4	14.7	3.75**	11.7
Diámetro del olote (mm)	1.4	5.7	0.10**	10.4
Diámetro del ráquis (mm)	0.5	4.8	0.13**	15.3
Longitud del grano (mm)	8.8	12.2	1.55**	7.4
Ancho de grano (mm)	6.8	9.3	0.91**	8.8
Grosor del grano (mm)	3.8	4.6	0.11 <sup>NS</sup>	8.6
Rendimiento de grano (ton/ha)	0.50	3.86	0.58 <sup>NS</sup>	26.3

<sup>NS</sup> = no significativo a una  $P > 0.05$ ; \* = significativo a una  $P < 0.05$ ; \*\* = significativo a una  $P < 0.01$ .

En el análisis de componentes principales se determinó un patrón altitudinal de la variación fenotípica. En el sexto componente principal se explicó el 82.5 % de la variabilidad morfológica y las variables de mayor valor descriptivo fueron: altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas de la espiga, días a floración

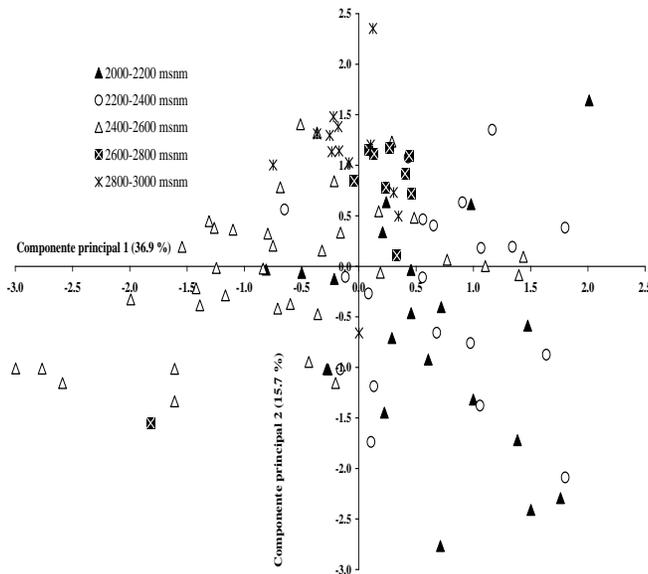
femenina, longitud y número de hileras de la mazorca (Cuadro 2). Estos resultados dan evidencias de que la selección que hacen los agricultores tiene fuerte influencia en inducir cambios sustanciales en las características de planta y mazorca del maíz.

**Cuadro 2. Vectores y valores del análisis de componentes principales (CP), con base en 18 variables morfológicas evaluadas en maíz de la Mixteca oaxaqueña. Verano-otoño 2008.**

Variables evaluadas	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5	CP6
Altura de planta (cm)	0.339	0.086	-0.186	-0.093	0.002	-0.080
Altura de mazorca (cm)	0.322	0.182	-0.187	-0.166	0.053	-0.118
Longitud de la parte ramificada de la espiga (cm)	0.333	-0.204	-0.045	-0.105	-0.013	0.103
Número de ramas primarias de la espiga	0.306	-0.252	-0.159	-0.094	-0.017	0.027
Número de ramas secundarias de la espiga	0.189	-0.077	-0.108	-0.243	0.269	0.592
Longitud del pedúnculo de la espiga (cm)	0.077	0.423	0.204	0.137	-0.224	0.326
Longitud de panoja o espiga (cm)	0.279	0.196	0.233	0.217	-0.098	0.124
Longitud total de la espiga (cm)	0.218	0.334	0.242	0.179	-0.250	0.248
Días a floración masculina	0.293	0.197	-0.142	-0.247	-0.075	-0.293
Días a floración femenina	0.288	0.223	-0.038	-0.249	0.042	-0.263
Longitud de la mazorca (cm)	0.294	-0.125	0.154	0.125	-0.080	-0.031
Diámetro de la mazorca (cm)	0.231	-0.217	-0.113	0.475	0.012	-0.110
Número de hileras de la mazorca	-0.073	0.335	-0.381	0.381	0.093	-0.119
Diámetro del olote (mm)	0.223	-0.004	0.219	0.318	0.365	-0.220
Diámetro del ráquis (mm)	0.092	-0.036	-0.204	0.270	0.555	0.289
Longitud del grano (mm)	0.075	-0.315	-0.256	0.317	-0.462	-0.072
Ancho de grano (mm)	0.179	-0.393	0.335	-0.052	-0.140	0.098
Grosor del grano (mm)	0.016	-0.034	0.517	0.007	0.323	-0.326
<b>Valor propio</b>	<b>6.63</b>	<b>2.82</b>	<b>1.90</b>	<b>1.51</b>	<b>1.17</b>	<b>0.82</b>
<b>Varianza explicada (%)</b>	<b>36.9</b>	<b>15.7</b>	<b>10.5</b>	<b>8.4</b>	<b>6.5</b>	<b>4.6</b>
<b>Varianza explicada acumulada (%)</b>	<b>36.9</b>	<b>52.5</b>	<b>63.1</b>	<b>71.5</b>	<b>77.9</b>	<b>82.5</b>

En el plan formado por los dos primeros componentes principales, fue notorio el patrón altitudinal de distribución por origen de las muestras de maíz. En la porción derecha de la Figura 1 (cuadrantes I y II en el sentido de las manecillas del reloj), se distribuyeron las muestras de maíz cultivadas entre los 2000 y 2400 msnm; el mayor número de muestras originarias de comunidades de 2400 a 2600 msnm, se ubicaron en forma contraria al grupo anterior (cuadrante III y IV); y las de 2600 a 3000 msnm se distribuyeron en la parte superior

(cuadrante IV y I). La distribución de las muestras de maíz en la Figura 1, refleja esquemáticamente los valores propios del Cuadro 2. En el componente principal 1 (CP1), en sentido positivo, influyen de manera importante la altura de mazorca y planta, longitud de la parte ramificada y número de ramas de la espiga. En el plano del componente principal 2 (CP2), en sentido positivo fueron determinantes la longitud del pedúnculo y total de la espiga y número de hileras de la mazorca; y en sentido negativo longitud y ancho de grano.



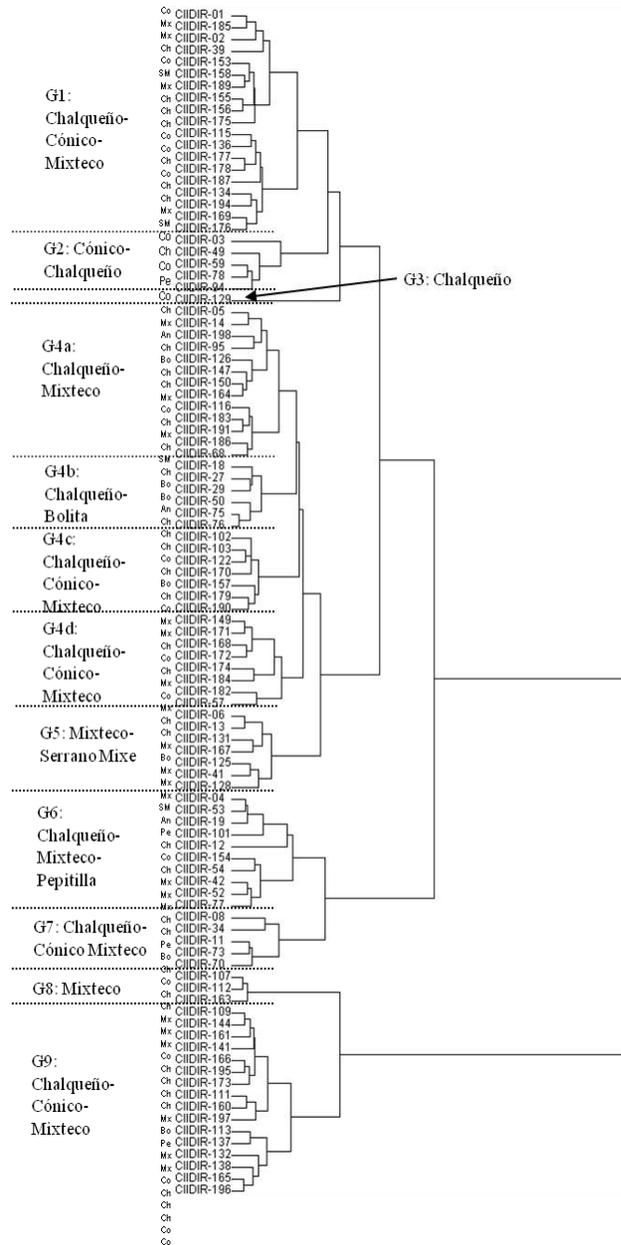
**Figura 1. Dispersión de 100 poblaciones de maíz por rangos de altitud, con base en el plano formado por los dos primeros componentes principales.**

Los resultados muestran que las características de espiga, altura de mazorca y planta, hileras en la mazorca, longitud y ancho de grano, son caracteres importantes para describir la variabilidad morfológica de maíz en la Mixteca oaxaqueña. Un patrón similar determinaron Herrera *et al.* (2000) en la descripción y clasificación de un conjunto de muestras de la raza Chalqueño. En este trabajo un 38% de las muestras fueron clasificadas fenotípicamente en la raza Chalqueño.

Las muestras poblacionales colectadas de maíz se preclasificaron dentro de las razas Chalqueño, Mixteco, Cónico, Pepitilla, Ancho, Bolita y Serrano Mixe, con base en la morfología de mazorca y grano, y coincidieron con lo reportado por Aragón *et al.* (2006) para la región Mixteca. Posteriormente, entre las 100 poblaciones caracterizadas de maíz se determinaron nueve grupos fenotípicos significativamente diferentes ( $t=11.06$ ,  $gl=98$ ,  $P < 0.05$ ) con base en el análisis de conglomerados. En función de la frecuencias

de las muestras preclasificadas: un grupo se denominó raza Mixteco y otro raza Chalqueño, y siete complejos raciales integrados por las combinaciones más frecuentes de las razas Chalqueño, Cónico, Mixteco y Pepitilla (Figura 2). La alta frecuencia de complejos raciales sugiere que actualmente las poblaciones cultivadas de maíz no son puras en términos de pertenecer a una raza, por el contrario, muestran combinaciones de características morfológicas de dos o más razas. Probablemente, es el producto de la recombinación genética que se lleva a cabo mediante el flujo de polen entre poblaciones vecinas y el movimiento de semilla que hacen los agricultores mediante el intercambio de semillas ya sea entre vecinos o con agricultores de región muy apartadas. Esto explica la presencia de Bolita que es originaria de los Valles Centrales de Oaxaca.

La raza Mixteco descrita por Benz (1986), fenotípicamente fue una de las más frecuentes en este trabajo. Varias de las muestras donadas por los agricultores correspondían a esa raza pero solo 24 de ellas reprodujeron, durante la evaluación, las características de mazorca semejantes a las descritas por Benz (1986) y Aragón *et al.* (2006). Aunque, debido a la ausencia de estudios genéticos o de ADN en la raza Mixteco, no se descarta que su origen sea las razas Chalqueño y Cónico como se denota en cinco de los siete complejos raciales clasificados en este trabajo (Figura 2). El aislamiento y selección que realizan cada año los agricultores Mixtecos esta generando poblaciones de maíz negro y rojo que pueden clasificarse fenotípicamente en la raza Mixteco. Aragón *et al.* (2006) propusieron que se considera a la región de Chalcatongo de Hidalgo, Oaxaca como una zona de conservación *in situ* para la raza Mixteco; los resultados de este trabajo en cuanto a variabilidad morfológica, apoyan esa propuesta y que puede abarcar hasta los municipios de San Martín Huamelulpan y San Juan Numí.



**Figura 2. Dendrograma de 100 muestras poblacionales de maíz, con base en caracteres morfológicos. Pre-clasificación racial: An, Ancho; Bo, Bolita; Ch, Chalqueño; Co, Cónico; Mx, Mixteco; Pe, Pepitilla; SM, Serrano Mixe.**

Las evidencias de variabilidad y clasificación fenotípica encontradas sugieren la presencia de metapoblaciones como lo proponen van-Heerwaarden *et al.* (2010) para explicar la subdivisión de poblaciones y posterior recolonización ante eventuales pérdidas de cosecha, como sucede en la Mixteca. En este

estudio, se determinaron diferentes complejos raciales donde intervienen, con mayor frecuencia, las razas Chalqueño y Cónico, un indicio de que varias de las poblaciones evaluadas fueron generadas a partir de esas razas por selección artificial o reintroducción de regiones cercanas. Las razas Chalqueño y Cónico prefieren las regiones templadas con altitudes superiores a 2000 m.

## CONCLUSIONES

Se determinaron diferencias significativas en caracteres fisiológicos, de planta, espiga, mazorca y grano entre las poblaciones evaluadas. En el análisis de componentes principales se detectó que las variables de altura de mazorca y planta, longitud y número de ramas de la espiga, días a floración femenina, longitud y número de hileras de la mazorca, fueron las de mayor valor descriptivo de la variabilidad presente en las poblaciones evaluadas de maíz. Se diferenciaron dos grupos fenotípicos de las razas Chalqueño y Mixteco, y siete complejos raciales entre las razas Chalqueño, Cónico, Mixteco y Pepitilla. Durante la evaluación se observaron poblaciones con características de mazorcas cercanas a las razas Bolita, Serrano Mixe y Ancho.

## LITERATURA CITADA

- Anderson, E., Cutler, H.C. 1942. **Races of *Zea mays*: I. Their recognition and classification.** Annals of the Missouri Botanical Garden 29(2):69-89.
- Anderson, E., Finan, J. J. 1945. **Maize in the Yanhuitlan codex.** Annals of the Missouri Botanical Garden 32(3):361-368.
- Aragón, F.; Taba, S., Hernández, J.M., Figueroa, D., Serrano, V. 2006. **Actualización sobre maíces criollos de Oaxaca.** Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Informe Final SNIB-CONABIO proyecto Núm. CS002, México D.F.
- Arellanes M., A., de la Cruz P., V., Romero F., M. A., Sánchez S., C., Ruiz C., F. J.; Martínez V., V.R., López J., E. 2006. **Historia y Geografía de Oaxaca.** Carteles Editores, Oaxaca, México. 207 p.
- Badstue, L. B., Bellon, M. R., Berthaud, J., Juárez, X., Manuel-Rosas, I., Solano, A.M., Ramírez, A. 2006. **Examining the role of**

- collective action in an informal seed system: a case study from the Central Valleys of Oaxaca, Mexico.** *Human Ecology* 34(2):249-273.
- Benz, B.F. 1997. **Diversidad y distribución prehispánica del maíz mexicano.** *Arqueología Mexicana* 5(25):16-23.
- Benz, B.F. 1986. **Taxonomy and evolution of Mexican maize.** Ph. D. dissertation. University of Wisconsin, USA. 433 p.
- García, E. 1988. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.** Instituto de Geografía, UNAM. México, D.F.
- Hayano-Kanashiro, C., Calderón-Vázquez, C., Ibarra-Laclette, E., Herrera-Estrella, L., Simpson, J. 2009. **Analysis of gene expression and physiological responses in three mexican maize landraces under drought stress and recovery irrigation.** *PLoS ONE* 4: e7531. doi:10.1371/journal.pone.0007531.
- Herrera, B. E., Castillo G., F., Sánchez J. J., Ortega, R., Goodman, M. M. 2000. **Caracteres morfológicos para valorar la diversidad entre poblaciones nativas de maíz en una región: caso de la raza Chalqueño.** *Revista Fitotecnia Mexicana* 23(2):335-354.
- IBPGR. 1991. **Descriptors for Maize.** International Maize and Wheat Improvement Center, Mexico City/International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy.
- Katz, E., Vargas, L. A. 1990. **Cambio y continuidad en la alimentación de los Mixtecos.** *Anales de Antropología* 27(1):15-51.
- López-Romero, G., Santacruz-Varela, A., Muñoz-Orozco, A., Castillo-González, F., Córdoba-Téllez, L., Vaquera-Huerta, H. 2005. **Caracterización morfológica de poblaciones nativas de maíz del Istmo de Tehuantepec, México.** *Interciencia* 30(5):284-290.
- Mercer, K., Martínez-Vásquez, A., Perales, H. R. 2008. **Asymmetrical local adaptation of maize landraces along an altitudinal gradient.** *Evolutionary Applications* 1(3):489-500.
- Muñoz O., A., Pérez, G., López, P. A., Salvador, R. J. 2002. **Maíz de cajete: agrosistema y resistencia a sequía.** *In:* Palerm, J (ed.). *Antología sobre pequeño riego, Vol. III Sistemas de riego no convencionales.* Colegio de Postgraduados, Texcoco, México. pp: 137-164.
- Pressoir, G., Berthaud, J. 2004a. **Patterns of population structure in maize landraces from the Central Valleys of Oaxaca in Mexico.** *Heredity* 92(2):88-94.
- Pressoir, G., Berthaud, J. 2004b. **Population structure and strong divergent selection shape phenotypic diversification in maize landraces.** *Heredity* 92(2):95-101.
- Reif, J. C., Waburton, M. L., Xia, X. C., Hoisington, D. A., Crossa, J., Taba, S., Muminovic, J., Bohn, M., Frisch, M., Melchinger, A. E. 2006. **Grouping of accessions of Mexican races of maize revisited with SSR markers.** *Theoretical and Applied Genetics* 113(2):177-185.
- Ruiz-Corral, J. A., Duran-Puga, N., Sánchez-González, J. J., Ron-Parra, J., González-Eguiarte, D. R., Holland, J. B., Medina-García, G. 2008. **Climatic adaptation and ecological descriptors of 42 mexican maize races.** *Crop Science* 48:1502-1512.
- Sánchez, J. J., Goodman, M. M., Stuber, C. W. 2000. **Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico.** *Economic Botany* 54(1):43-59.
- SAS. 1999. **SAS® Procedures Guide, ver. 8.** SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1643 p.
- Sistema Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (SEIDRUS). 2009. **Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2008.** Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de Oaxaca. Disponible en: [http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus\\_oax/](http://www.oeidrus-portal.gob.mx/oeidrus_oax/), consultada el 6 de agosto de 2010.
- Soleri, D., Cleveland, D. A. 2001. **Farmers' genetic perception regarding their crop populations: an example with maize in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico.** *Economic Botany* 55:106-128.
- van Heerwaarden, J., van Eeuwijk, F.A., Roos-Ibarra, J. 2010. **Genetic diversity in a crop metapopulations.** *Heredity* 104(3):28-39.
- Volke H., V., Etchevers B., J. D., Sanjuan R., A., Silva P., T. 1998. **Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos.** *Terra* 16(1):79-91.
- Wellhausen, E. J., Roberts, L. M., Hernández, E., Mangelsdorf, P.C. 1951. **Razas de maíz de México. Su origen, características y distribución.** Folleto Técnico No. 5. Oficina de Estudios Especiales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México D.F.

**José Luis Chávez Servia**

CIIDIR-IPN Unidad Oaxaca. Correo electrónico:  
jchavezservia@yahoo.com.

*Autor para correspondencia electrónica:*  
jchavezservia@servia.com

**Prisciliano Diego Flores**

Departamento de Postgrado e Investigación del  
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca,  
México (DEPI-ITVO).

Correo electrónico: diegoflo80@hotmail.com.

**José Cruz Carrillo-Rodríguez**

Departamento de Postgrado e Investigación del  
Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca,  
México (DEPI-ITVO).

Correo electrónico: jcarrillo\_rodriguez@hotmail.com.

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2011

## **CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA MEDICINAL EN LA COMUNIDAD INDÍGENA DE SANTA CATARINA, B.C., MÉXICO**

Edna Alicia Cortés-Rodríguez y Francisco Raúl Venegas-Cardoso  
Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1  
Universidad Autónoma Indígena de México  
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 117-122.



**e-revist@s**

## CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y LA CONSERVACIÓN DE LA FLORA MEDICINAL EN LA COMUNIDAD INDÍGENA DE SANTA CATARINA, B.C., MÉXICO.

### TRADITIONAL KNOWLEDGE AND CONSERVATION OF MEDICINAL PLANTS IN THE INDIGENOUS COMMUNITY OF SANTA CATARINA, BC, MEXICO.

Edna Alicia Cortés-Rodríguez<sup>1</sup> y Francisco Raúl Venegas-Cardoso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Estudiante de Doctorado en Planeación y Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Baja California. Blvd. Benito Juárez s/n. Unidad Universitaria. C.P. 21280. Mexicali, B. C. <sup>2</sup> Fac. de Arquitectura, U.A.B.C. Blvd. Benito Juárez s/n. Unidad Universitaria. C.P. 21280. Mexicali, B. C. \*Correspondencia: eacortes@uabc.edu.mx

#### RESUMEN

El conocimiento tradicional (CT) integra riqueza local y culturalmente compartida por los integrantes de una comunidad. Incluye información referente a creencias, sistemas de valores, respeto y cuidado al medio ambiente, así como el conocimiento y manejo de la flora nativa y en especial del uso de plantas medicinales siguiendo la misma tendencia de las culturas indígenas de América Latina, dando como resultado un recurso viable de manejo. Bajo esta premisa el objetivo del presente trabajo fue; el conocer, recopilar y analizar el CT sobre la flora medicinal de la comunidad indígena de Santa Catarina, B. C., México y proponer lineamientos para su manejo. Se obtuvo un registro de 36 especies vegetales de uso medicinal de un ecosistema tipo mediterráneo, asimismo se identificaron los padecimientos para los cuales las plantas medicinales son utilizadas, así como las partes de la planta y su forma de empleo. Se concluye que la integración del CT de las plantas medicinales a los planes de manejo gubernamental, representa una opción de conservación de los recursos naturales de los ecosistemas, en los cuales la presión del uso agrícola y ganadero constituye una seria amenaza para la conservación de las comunidades vegetales.

**Palabras clave:** plantas medicinales, grupos indígenas, manejo de recursos, ecosistema mediterráneo.

#### SUMMARY

Traditional knowledge (TK) integrates and shared local and cultural wealth by the members of a community. It includes information regarding beliefs, systems of values, respect and environmental care, as well as knowledge and management of native flora and the use of medicinal plants, like the majority of the indigenous cultures of Latin America, which results in a viable resource management. Under this statement, the objective of this paper was; to know, to collect and to analyze the TK of the medicinal plants of the indigenous community of Santa Catarina, B.C. Mexico and propose guidelines for their management. It was obtained a 36 medicinal plants record of the Mediterranean ecosystem, it was also identified the suffering for which the medicinal plants are used, as well as parts of the plant and its employment forms. It was concluded that the integration of TK to government management plans, represents an option for the conservation of ecosystem natural resources, in which the agricultural and livestock pressure constitutes a serious menace for the conservation of plant communities.

**Keywords:** Medicinal plants, indigenous groups, resource management, Mediterranean ecosystem.

Recibido: 15 de septiembre de 2010. Aceptado: 26 de noviembre de 2010. Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 7(1): 117-122.

#### INTRODUCCIÓN

El conocimiento tradicional (CT) es el resultado de la relación existente entre una sociedad y el territorio al que se vincula, cuyo objetivo es la conservación de esta conexión dinámica (Cañas, *et al.* 2008). Expresa las relaciones integrales entre los individuos, sus ecosistemas y el mundo simbólico de sus territorios (Mcgregor, 2004).

En las áreas rurales e indígenas, el CT, representa el principal activo de las organizaciones y su gestión está caracterizada por un aprendizaje permanente, que fortalece el trabajo colectivo o de grupo (Sepúlveda, *et al.* 2003) y además contribuye a la conservación de los recursos de su territorio.

De acuerdo con Linares y Bye (1987), es necesario documentar el CT de las especies asociadas a la medicina tradicional, debido a la rapidez del proceso de abandono de las costumbres locales. Dicha situación, trae como consecuencia, la pérdida de la memoria histórica de los pueblos indígenas, producto de la implantación indiscriminada de un modelo de desarrollo tecnológico especializado, el cual se constituye en un factor que erosiona la diversidad ecológica, biológica y cultural de los pueblos indígenas (Toledo, *et al.* 1987).

En contraposición a lo anterior, surge el reconocimiento de incorporar el CT al manejo sustentable de los recursos naturales, tal como se hace referencia en el Reporte Brundtland (WCED, 1987), la Agenda 21 (UNCED, 1992) y la Convención sobre Diversidad Biológica (INCCBD, 1992). En la actualidad éste conocimiento se considera un elemento clave en la planeación del manejo de los recursos naturales a escala local, cuya finalidad es impulsar las actividades de conservación y protección hacia el desarrollo sustentable, particularmente de los asentamientos humanos

con fuerte presencia de comunidades indígenas (CONAFOR, 2007).

Por lo respecta a México, De Ávila (2008), señala que en los últimos 40 años en este país se han desarrollado algunos de los trabajos etnobiológicos más acuciosos publicados en la literatura internacional. No obstante, en algunas zonas geográficas, particularmente en el noroeste, la información sobre el uso y manejo de la flora medicinal está pobremente desarrollada. Salvo el trabajo de Owen (1962; 1963) quien desarrolló una investigación antropológica en relación a la procedencia mágica y no mágica de las enfermedades padecidas por los indígenas pa ipai, de la que se derivó el primer inventario de plantas medicinales de esta etnia; asimismo Cortés (1988; 1990; 1994), realizó la primera investigación de carácter etnobotánico relacionada con los usos tradicionales de la flora del chaparral; no se tiene más registros de trabajos relacionados con el uso y manejo de la flora de uso medicinal de uno de los grupos indígenas con mayor presencia y tradición en la comunidad indígena de Santa Catarina, localizada en el Estado norteño de la península de Baja California, México.

En base a estos argumentos, el objetivo central de este trabajo fue: analizar el conocimiento tradicional de la flora medicinal de la comunidad indígena de Santa Catarina, B.C., México, así como proponer lineamientos para su manejo y el diseñar de una base de datos etnobotánicos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La comunidad de Santa Catarina, B.C., es una de las ocho comunidades indígenas del estado de Baja California, México. Se ubica a 92 Km. al sureste de la ciudad de Ensenada, a la altura del poblado Héroes de la Independencia sobre la carretera Ensenada-San Felipe, punto de entronque de un camino de 8 Km. de terracería (Figura 1). Sus coordenadas geográficas son: 31°65 Lat. N y -115°82 Long. O, con una extensión de 67,827-40-68 Has. El poblado se encuentra a 1,200 m.s.n.m., sus habitantes son indígenas pertenecientes a la familia lingüística yumana, representados por los grupos étnicos koalj y pa ipai.

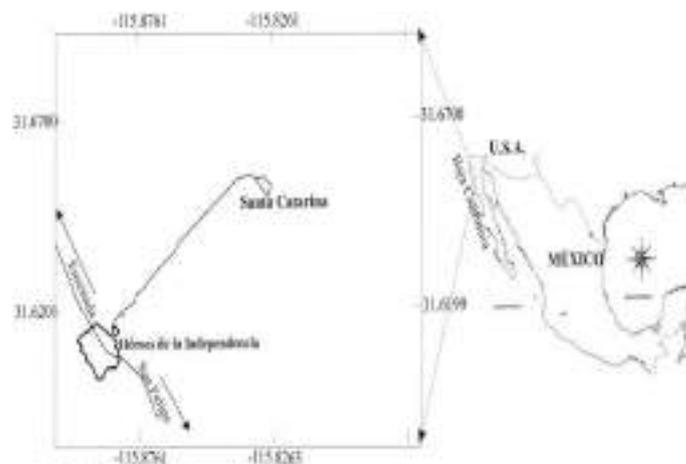


Fig. 1 Localización área de estudio.

La localidad presenta un clima tipo mediterráneo, clasificado por Köppen como Bsk o seco templado con temperaturas frías y lluvias moderadas en invierno; y veranos secos, calientes y sin lluvias. La vegetación dominante es el chaparral, comunidad que representa la mayor extensión de la provincia florística Californiana en la zona mediterránea. La flora está compuesta por especies de amplia distribución o cosmopolitas, especies de distribución regional y especies de distribución Californiana (Delgado, 1992).

Debido a que el CT constituye un conocimiento socialmente construido, para el trabajo de campo se eligió una combinación de técnicas de la metodología cualitativa, en base a la recomendación de autores como Selltiz (1980), Schwartz y Jacobs (1999), quienes señalan que esto garantiza una descripción más completa de los procesos que son objeto de estudio. Las técnicas seleccionadas fueron la observación participante y la entrevista.

Primeramente se realizaron visitas para la presentación del proyecto, familiarización con los habitantes e identificación de informantes clave. Posteriormente, se llevaron a cabo las entrevistas y la colecta del material botánico de referencia. Durante la entrevista se procuró que el entrevistado permaneciera separado del resto de los integrantes de la familia, con la finalidad de evitar el intercambio de información.

El diseño de la entrevista, tomó como base el resultado de anteriores investigaciones en la comunidad (Cortés, 1988; 1990), y se estructuró en dos secciones; la primera con los datos sociodemográficos: Nombre del informante, edad, sexo y grupo étnico; la

segunda con los datos etnobotánicos: Nombre común de la planta, padecimiento para el cual se prescribe, modo de empleo, parte usada, dosis y tratamiento recomendados. Por último, se incluyó un apartado de observaciones sobre la transmisión del conocimiento.

El análisis cualitativo, se basó en la revisión de las observaciones en campo. La riqueza de los datos permitió conocer la experiencia de los informantes en el empleo de las plantas medicinales, por ejemplo; usos múltiples de algunas especies, mezclas de plantas, sabor de los cocimientos, recomendaciones y cuidados sobre su administración, alternancia, dietas, así como lo referente a la transmisión del conocimiento y la disponibilidad y acceso a las especies referidas.

El análisis cuantitativo se hizo con las recuperaciones de la base de datos a preguntas como: plantas más y menos reportadas; padecimientos más frecuentes y de menor referencia; entrevistado que proporcionó más información; padecimientos reportados sólo por mujeres, modos de empleo, dosis y tratamiento más común; para lo cual se utilizó el programa DBASE IV. Las frecuencias y porcentajes se obtuvieron utilizando el paquete estadístico CSS.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Durante el presente trabajo se realizaron diez entrevistas a informantes clave de la comunidad, las cuales se llevaron a cabo en un promedio de tres horas por entrevista. La fluidez del diálogo dependió de la relación y familiaridad existente entre los protagonistas y del manejo del español por parte del informante. En cuanto a la información proporcionada, de un total de 284 registros, el Sr. Benito Peralta (q.p.d.) reportó el 19.01% de la información, seguido por Jesús Cañedo y Antonia Arce (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Informantes de Santa Catarina, B.C., México.**

Nombre	Edad	Etnia	%
1.- Benito Peralta González	71	paipai	19.01
2.- Manuela Aguiar Carrillo	68	koalj	8.10
3.- Antonia Arce Ochurte	36	paipai	11.97
4.- Celia Flores Castro	40	koalj	10.52
5.- Jesús Cañedo Mendoza	40	paipai	12.68
6.- Paula Cañedo Higuera	53	koalj	8.80
7.- Gregorio Álvarez Flores	53	paipai	5.28
8.- Juan Albaláez Higuera	70	paipai	5.63
9.- Camila Albaláez Higuera	50	paipai	11.62
10.- Tirsia Flores Castro	38	koalj	6.34

Se identificaron 39 plantas de uso medicinal; de las cuales 36 corresponden al chaparral de montaña o de *Juniperus* (Delgado, 1992), agrupándose en 24 familias botánicas (Cuadro 2), mayormente representadas por la Familia Compositae (Cuadro 3).

**Cuadro 2. Flora Medicinal de Santa Catarina, B.C.**

Familia	Nombre científico	Nombre paipai	Nombre común
Salicaceae	<i>Populus fremontii</i> S. Wats. var. <i>fremontii</i>	ja.á	álamo
Ephedraceae	<i>Ephedra californica</i> S. Wats.	chummai	cañutillo
Compositae	<i>Artemisia tridentata</i> Nutt.	i.imucapt	chamiso blanco
Compositae	<i>Ambrosia psilostachya</i> DC. ***	culstipuc	estafiate,
Compositae	<i>Gnaphalium microcephalum</i> Nutt. ***	jbwá	gordolobo
Compositae	<i>Baccharis glutinosa</i> Pers.	jatamulaj	guatamote
Compositae	<i>Haplopappus juarezeus</i> Moran ***	jilrabú	hierba del pasmo
Compositae	<i>Erickelia californica</i> (Torr. & Gray) A. Gray ***	iwil cuac	hierba de la vaca
Compositae	<i>Paraphyllum gracile</i> Benth.	hubsit	hierba del venado
Compositae	<i>Baileya plerivaccata</i> Harv. & Gray	(ur)	almohada de liebre
Compositae	<i>Matricaria</i> sp.	(ur)	manzanilla
Compositae	<i>Haplopappus juarezeus</i> Greene	jteshjuáño	(suc)
Polemoniaceae	<i>Ipomopsis tenuifolia</i> (A. Gray) V. Grant	minmin cho or	chuparrosa
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia micromera</i> Boiss.	mat ipac	golondrina
Euphorbiaceae	<i>Acalypha californica</i> Benth.	(ur)	hierba de la cangrena
Nyctaginaceae	<i>Atriplex laevis</i> (Benth.) Curran var. <i>laevis</i>	(ur)	hierba del empacho
Samuraceae	<i>Sarcocolla californica</i> (Nutt.) Hook. & Arn. ***	chp	hierba del manso
Rhamnaceae	<i>Rhamnus californica</i> Esch. subs. <i>ursina</i> (Greene)	kyai	hierba del oso
Hydrophyllaceae	<i>Eriodactylon angustifolium</i> Nutt. ***	i.iché	hierba santa
Cupressaceae	<i>Juniperus californica</i> Carr.	chock	luata
Simmondsiaceae	<i>Simmondsia chinensis</i> (Link)	ksúñ	jojoba
Anacardiaceae	<i>Rhus ovata</i> S. Wats.	i.ikse.el	mangle
Leguminosae	<i>Prosopis glandulosa</i> Torr. var. <i>torreyana</i> (L. Benson) M. C. Johnston **	na al	mezquite
Caprifoliaceae	<i>Lonicera subspicata</i> var. <i>johnstonii</i> Keck ***	coacñijilpú	moronel
Caprifoliaceae	<i>Sambucus mexicana</i> Presl ex DC. ***	taltal	saico
Cactaceae	<i>Opuntia phaeacantha</i> ***	la ab	nopal
Urticaceae	<i>Urtica holosericea</i> Nutt.	pacamú	ortiguilla
Lamiaceae	<i>Trichostema lanatum</i> Benth.	(ur)	romero del campo
Lamiaceae	<i>Salvia apiana</i> Jepson ***	shelhai	salvia
Lamiaceae	<i>Salvia pachyphylla</i> Epling ***	(ur)	orejona/blanca salvia real
Labiatae	<i>Marrubium vulgare</i> L.	(ur)	condahmanrubio
Crassulaceae	<i>Dudleya</i> sp.	hunnal	siempreviva
Loranthaceae	<i>Phoradendrum bolleanum</i> (Seem.) Eichl.	(ur)	tofo/toje
Polygonaceae	<i>Eriogonum fasciculatum</i> Benth. ***	i.ishomijij	valeriana
Polygonaceae	<i>Rumex violascens</i> Rech. J.	mat kish	hierba colorada
Pinaceae	<i>Pinus</i> spp. *(**)	(ur)	pino
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium</i> sp.	(ur)	epazote/ipazote
Zygophyllaceae	<i>Larrea tridentata</i> (Sessé & Moc. Ex DC.) Coville *(**)	(ur)	gobemadora
Boraginaceae	<i>Heliotropium curassavicum</i> var. <i>oculatum</i> (Heller) I.M. Johnston	turjá	(suc)

\*\* especies no pertenecientes al chaparral de montaña  
 \*\*\* especies reportadas para padecimientos respiratorios

Los Cuadros 3 y 4 muestran respectivamente, la relación de las plantas más reportadas de la flora medicinal paipai y los porcentajes obtenidos para los campos de mayor reporte de la base de datos etnobotánicos. Entre los padecimientos, los respiratorios ocuparon el primer lugar, reportándose 14 especies para su tratamiento.

**Cuadro 3.** Plantas más reportadas de la flora medicinal de Santa Catarina, B.C.

Nombre común	Observaciones	%	Padecimiento
Hierba del manso	18	6.34	Diarrea, purificar sangre, cólicos menstruales, gripe, tos, dolor de cabeza, garganta, muelas y dientes.
Álamo	17	5.99	Torceduras y dislocaciones, edemas, fracturas, heridas, golpes, picaduras de insecto.
Moronel	16	5.63	Llagas, gripe, alta presión, várices, biñis, heridas, quemaduras.
Hierba de la vaca	15	5.28	Calentura, gripe, tos, pulmonía.
Hierba del pasmo	15	5.28	Dolor general, dolor de muelas y dientes, edemas, gripe, labido.
Hierba santa	14	4.93	Dolor, gripe, tos, reumas y artritis, dolor de muelas y dientes.
Romero	14	4.93	Cólicos menstruales, diarrea, dolor de estómago, empacho, parto.
Sauco	13	4.58	Calentura y gripe en niños.
Guatamote	13	4.58	Dolor, quemaduras, úlceras, caspa, mal olor de pies.
Golondrina	13	4.58	Llagas, quemaduras, heridas, edemas, infecciones, mordedura de víbora.

**Cuadro 4.** Porcentaje de los campos de mayor reporte de la base de datos etnobotánicos.

Categoría		%
Especie	<i>Anemopsis californica</i>	6.34
Familia botánica	Compositae	41.67
Forma biológica	Arbustos y hierbas	41.03
Padecimiento	Respiratorios (gripa, tos y calentura)	27.11
Parte usada	Hoja	39.08
Modo de empleo	Cocimiento	64.79
Dosis	Agua de uso	19.72
Tratamiento	Hasta aliviarse	64.08

Al comparar los resultados con los de Owen (1963), se identificó lo siguiente: Diferencia en cuanto a la planta medicinal más usada en la comunidad, el autor reporta a la hierba santa (*Eriodictyon angustifolium*). Sin embargo se coincide en lo que respecta a padecimiento, modo de empleo y parte usada. El autor no reporta datos sobre dosis y tratamiento.

De acuerdo con Sepúlveda (1993), en relación al perfil de morbilidad a partir del uso de plantas medicinales de la población indígena en México, la información ubica a las enfermedades respiratorias de origen infeccioso como uno de los padecimientos de mayor incidencia. En su investigación menciona en segundo lugar, el número de plantas medicinales usadas para este tipo de padecimientos.

Respecto a la dosis y el tratamiento, estos dos resultados al parecer reflejan que dentro de la herbolaria pa ipai, no existen dosis y tratamientos específicos, sino más bien los

remedios se aplican de forma constante hasta que los síntomas desaparecen. El porcentaje obtenido por el cocimiento como el modo de empleo más común, manifiesta una predilección por el uso en forma de te o infusión como el remedio más eficaz, que de acuerdo con Aguirre (1980), consiste en una de las prácticas curativas comunes dentro de la medicina y magia indígena.

En relación a los informantes; el lugar que ocupó el Sr. Benito Peralta como la persona con más conocimiento sobre plantas medicinales, no se considera algo casual, ya que este informante era considerado como el sabio de la comunidad, no sólo en cuestión de herbolaria, sino de historia y tradiciones pa ipai (Bendímez, 1989).

En cuanto a los lineamientos para el manejo del recurso flora medicinal de Santa Catarina, B.C., México; se recomienda contemplar acciones a corto, mediano y largo plazo, en las cuales se involucre a los habitantes de la comunidad como los principales actores del proceso. Es importante realizar inventarios para los otros tipos de vegetación presentes en la localidad, con la finalidad de contar con un listado completo de las especies medicinales que integran la herbolaria pa ipai. De igual forma, llevar a cabo entrevistas en profundidad con los informantes clave, en relación al estado de conservación de la vegetación y la importancia de las especies medicinales para el desarrollo de Santa Catarina.

## CONCLUSIONES

El CT de los habitantes de Santa Catarina, B.C., México; ubica a la flora de uso medicinal como un recurso potencial para el desarrollo de la comunidad, el cual debe ser considerado un elemento clave en el manejo de sus recursos naturales.

En el manejo de las especies medicinales asociadas al CT de Santa Catarina, B.C, México; se requiere la integración de un equipo multi e interdisciplinario que identifique las diversas relaciones culturales, sociales y ecológicas que se establecen alrededor del recurso flora medicinal y considere a los pa ipai como los principales actores en la conservación de sus ecosistemas.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre, B., 1980. **Medicina y Magia**. México: Instituto Nacional Indigenista.
- Bendímez, J., 1989. **Historia Oral: Benito Peralta de Santa Catarina, Comunidad Pai Pai**. Cuadernos de Ciencias Sociales No.4. México: Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Autónoma de Baja California.
- Cañas, R., A. Ortiz-Monasterio, E. Huerta y X. Zulueta, 2008. Marco legal para el conocimiento tradicional sobre la biodiversidad, en **Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad**. México: CONABIO, 557-564.
- CONAFOR, 2007. **Ordenamiento Territorial Comunitario (OTC). Manual básico**. Programa de Desarrollo Forestal Comunitario (PROCYMAF). Gerencia de Silvicultura Comunitaria. México: Comisión Nacional Forestal.
- Cortés, E., 1988. **Estudio Etnobotánico Comparativo de los Grupos Indígenas Kamiai y Pa ipai del Norte de Baja California**. Tesis, (Licenciatura). Universidad Autónoma de Baja California.
- Cortés, E., 1990. **Proyecto de Rescate Cultural de la Medicina Tradicional Indígena en Baja California**. Informe Técnico. Ensenada, B.C. México: Centro Coordinador Instituto Nacional Indigenista.
- Cortés, E., 1994. (Compiladora). **Floras Medicinales Indígenas de Baja California**. Pai-Pai, Santa Catarina, Ensenada. En: *Flora Medicinal Indígena de México*. Tomo I. México: Instituto Nacional Indigenista, 77-87.
- De Ávila, A., 2008. **La diversidad lingüística y el conocimiento etnobiológico**. En *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. México: CONABIO, 497-556.
- Delgadillo, J., 1992. **Florística y Ecología del Norte de Baja California**. México: Universidad Autónoma de Baja California.
- Linares, E. y Bye, R., 1987. **A study of four medicinal plant complexes of Mexico and adjacent United States**. *Journal of Ethnopharmacology* 19, 153-183.
- Mcgregor, D., 2004. **Coming Full Circle: Indigenous knowledge, environmental and our future**. *American Indian Quarterly*. 28. (3- 4), 385-410.
- Owen, R., 1962. **The indians of Santa Catarina, Baja California Norte, México: Concepts and Disease and Curing**. Thesis, (PhD) California University.
- Owen, R., 1963. **The use of plants and non-magical techniques in curing illness among the paipai, Santa Catarina, Baja California, Mexico**. *América Indígena*, XXIII (4), 319-344.
- Robinson, J., 1969. **José Joaquín Arrillaga Diary of his Surveys of the Frontier, 1796**. U.S.A: Dawson's Book Shop.
- Sales, L., 1960. **Noticia de la Provincia de California 1794**. España: Porrúa.
- Schwartz, H. y Jacobs, J., 1999. **La observación participativa y la entrevista. Reconstrucción de la realidad de grupos sociales**. *Sociología Cualitativa. Método para la reconstrucción de la realidad*. México: Ed. Trillas, 61-89.
- Selltiz, C., 1980. **Métodos de investigación en las relaciones sociales**. España: Editorial Rialp.
- Sepúlveda, J. (Coord.), 1993. **La Salud de los Pueblos Indígenas en México**. México: Secretaría de Salud e Instituto Nacional Indigenista.
- Sepúlveda, S., Rodríguez, A., Echeverri, R. y Portilla, M., 2003. **El Enfoque Territorial del Desarrollo Rural**. Dirección de Desarrollo Rural Sostenible. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Toledo, V., Carabias, J., Mapes, C. y Toledo, C., 1987. **Ecología y Autosuficiencia Alimentaria**. Segunda edición. México: Ed. Siglo XXI.
- UNCED, 1992. **Agenda 21. United Nations Conference on Environment and Development**. Río de Janeiro, Brazil. Disponible en: <http://www.un-documents.net/agenda21.htm> [Obtenida el 25 de Noviembre de 2009].
- INCCBD, 1992. **Convention on Biological Diversity**. Intergovernmental Negotiating Committee on a Convention on Biological Diversity. Nairobi, Kenya. Disponible en: <http://www.un-documents.net/cbd.htm> [Obtenida el 25 de noviembre de 2009].
- WCED, 1987. **Our Common Future. World Commission on Environment and Development**. Geneva, Switzerland. Disponible en: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> [Obtenida el 25 de noviembre de 2009].

## AGRADECIMIENTOS

A la comunidad indígena de Santa Catarina, B.C., de forma especial a los informantes citados en el texto.

**Edna Alicia Cortés Rodríguez**

Estudiante de Doctorado en Planeación y  
Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de  
Baja California. Blvd. Benito Juárez s/n. Unidad  
Universitaria. C.P. 21280. Mexicali, B.C.  
Correspondencia: [eacortes@uabc.edu.mx](mailto:eacortes@uabc.edu.mx)

**Francisco Raúl Venegas Cardoso**

Fac. de Arquitectura, U.A.B.C. Blvd. Benito Juárez  
s/n. Unidad Universitaria. C.P. 21280. Mexicali,  
B.C.

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2011

## **PRODUCCIÓN DE (*Cedrela odorata* L.), EN SUSTRATO A BASE DE ASERRÍN CRUDO EN SISTEMA TECNIFICADO EN TECPAN DE GALEANA, GUERRERO, MÉXICO**

José Justo Mateo-Sánchez; Rigoberto Bonifacio-Vázquez; Sergio Rubén Pérez-Ríos;  
Leopoldo Mohedano-Caballero y Juan Capulín-Grande  
Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1  
Universidad Autónoma Indígena de México  
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 123-132.



**e-revist@s**

## PRODUCCIÓN DE (*Cedrela odorata* L.), EN SUSTRATO A BASE DE ASERRÍN CRUDO EN SISTEMA TECNIFICADO EN TECPAN DE GALEANA, GUERRERO, MÉXICO

### *Cedrela odorata* L. PRODUCTION IN A RAW SAWDUST SUBSTRATE IN TECHNICIAN SYSTEM AT TECPAN DE GALEANA, GUERRERO, MÉXICO

José Justo Mateo-Sánchez<sup>1</sup>; Rigoberto Bonifacio-Vázquez<sup>2</sup>; Sergio Rubén Pérez-Ríos<sup>1</sup>; Leopoldo Mohedano-Caballero<sup>1</sup> y Juan Capulín-Grande<sup>1</sup>

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.<sup>1</sup>. Pasante de Ingeniería Forestal. Instituto de Tecnológico Regional de Morelia, Michoacán.<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Para producir plantas en vivero de buena calidad se emplean sustratos comerciales (peat moss-agrolita-vermiculita), cuyo costo es muy elevado, lo cual es una limitante para su utilización, pues reduce significativamente los márgenes de utilidad; por lo anterior se necesita buscar sustratos alternativos. El aserrín de pino es un subproducto de la industria forestal barato y disponible en áreas forestales. En los últimos años se ha utilizado como sustrato generando buenos resultados. En el presente trabajo se evaluó el efecto de diferentes mezclas de aserrín de *Pinus sp* sobre el crecimiento de plantas de *Cedrela odorata* L. (Cedro rojo), producidas con el sistema tecnificado en vivero forestal cubierto con malla sombra. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se estudiaron once combinaciones a base de aserrín + la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita en proporciones que variaron desde cero % hasta 100% de aserrín y la mezcla de sustratos comerciales. A los tres meses y medio de edad las plántulas que se desarrollaron en el sustrato con las mezclas empleadas se midieron y calcularon las variables necesarias. El mayor diámetro se consiguió con la mezcla de 70% de aserrín + 30% de la mezcla peat moss-agrolita-vermiculita. El mayor valor en altura se produjo con la mezcla que contenía 80% de aserrín + 20% de la mezcla peat moss-agrolita-vermiculita. El mayor peso seco de follaje correspondió a la mezcla que contenía 90% de aserrín mas 10% de la mezcla peat moss-agrolita-vermiculita. Sin embargo el mayor valor de peso de la raíz y peso seco total correspondió a la mezcla con 60% de aserrín más 40 % de peat moss-agrolita-vermiculita. En cuanto a la relación Altura-Diámetro (Índice de Esbeltez), el mejor valor lo obtuvo la mezcla de 80% de aserrín + 20% de peat moss-agrolita-vermiculita. Finalmente, el Índice de Calidad de Dickson (ICD), que se utiliza para predecir el comportamiento en campo de la planta evaluada. Para el mencionado índice, el mayor valor se obtuvo para la mezcla con 60% de de aserrín y 40% de peat moss-agrolita-vermiculita.

**Palabras clave:** Aserrín de pino, sustratos, fertilización, crecimiento planta.

#### SUMMARY

Nursery high quality plants production by using expensive commercial substrates (peat moss, perlite, vermiculite) decreases profits; this is the main reason to search alternative production substrates. Pine sawdust is a sub product of forestry industry cheap and available in forest areas. In recent years it has been used as a substrate

providing good results. In this study it was evaluated the effect of different sawdust mixtures on *Cedrela odorata* L. plant growth in a technician system in forest nursery under shade cloth covered. A completely randomized experimental design was used with eleven substrate components combinations (sawdust + peat moss-perlite-vermiculite mixtures) ranging from 0% to 100% each. After three and a half months morphological variables were measured so as some quality indexes in seedlings. The largest diameter was obtained by the mixture of 70% sawdust + 30% peat moss mix-vermiculite-perlite. The highest in height by using the mixture 80% sawdust + 20% peat moss - vermiculite - perlite mixture. The highest leaves dry weight corresponded to 90 % sawdust + 10% peat moss-vermiculite-perlite mixture. However the highest root weight and total dry weight values occurred in 60% sawdust + 40% peat moss - perlite - vermiculite mixture. As for the height-diameter ratio (slenderness index), the best value is obtained a mixture of 80% sawdust + 20% peat moss, perlite, vermiculite. According to Dickson Quality Index (DQI), used to predict the plant field surviving, the highest value was obtained for the 60% sawdust + 40% peat moss-perlite-vermiculite mixture.

**Keywords:** Pine sawdust, substrates, fertilizing, plant growth.

#### INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años el desarrollo del uso de materiales con características capaces de sustituir al suelo, en la producción de plantas forestales y en especial a la tierra de monte, ha sido muy acelerado, de tal manera que la producción de planta en vivero, a nivel mundial, se hace bajo esquemas de producción donde se utilizaron materiales reciclables y con orientación ecológica (Santiago, 2002).

Un buen sustrato es esencial para la producción de plantas de alta calidad. Dado que el volumen de un contenedor es limitado, el sustrato y sus componentes deben poseer propiedades físicas y químicas que, combinadas con un programa integral de manejo, permitan un crecimiento óptimo (Cabrera, 1999). Para la producción comercial de plantas forestales en México tradicionalmente se emplea como sustrato,

tierra de monte y arena de río en el sistema tradicional, mientras que en el sistema tecnificado se emplean mezclas de turba, agrolita y perlita, que en conjunto representan el mayor costo de producción de planta forestal en vivero y una fuga de divisas para el país al ser la turba un material de importación (Mateo, 2002). El aserrín crudo a mostrado ser un buen sustrato para la producción de planta forestal en vivero y no ha mostrado efectos tóxicos durante este periodo (Martínez, 2005).

En algunas regiones del país existen subproductos de la industria maderera, y otros materiales naturales, que podrían usarse como una alternativa para mejorar los sustratos y sustituir el uso de la tierra de monte y de los sustratos importados, como el peat moss. Dentro de estos componentes alternativos, que actualmente son considerados desperdicios de otras actividades productivas, se encuentran el aserrín y la corteza de pino, los cuales pueden ser combinados con otros materiales y disminuir el uso de la tierra de monte, que ocasiona un gran impacto ambiental (Mateo, 2002).

El aserrín es el desperdicio que resulta del proceso de aserrio y en la mayoría de las industrias madereras constituye un problema por el espacio que ocupa. De acuerdo con información publicada por la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2005) la producción de plantas forestales en México para el año 2004 fue de 169 884 898 árboles en vivero. Aproximadamente el 50% se realizó bajo el sistema de producción “tradicional” en bolsa de polietileno y utilizando como sustrato principal la tierra de monte. Otro 40% de la producción se hace bajo el sistema tecnificado, donde se utilizan contenedores de poliestireno expandido y plástico rígido, utilizando como sustrato turba, agrolita y vermiculita. El restante 10% se lleva a cabo mediante la técnica de producción a raíz desnuda, utilizando el propio suelo como sustrato.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación del experimento

El experimento se instaló en el vivero forestal el Cerrito, que se encuentra ubicado en la población de Tecpan de Galeana, Guerrero, entre las coordenadas 17° 11' 21.54" latitud

norte y 100° 36' 51.08" longitud oeste, a una altitud de 8 msnm.

### Beneficio a la semilla y aserrín

La colecta de semilla de *Cedrela odorata* L. se realizó en el mes de abril del 2010, en un predio particular, en el Municipio de Tecpan de Galeana, estado de Guerrero. Posteriormente se trasladaron en costales al vivero de Tecpan de Galeana para ser puestos al sol por 2 días, hasta que abrieron los frutos y soltaron las semillas, después se limpio la semilla, a través de corrientes de aire se separó la semilla de la basura, quedando en condiciones para ser sembrada.

El aserrín fresco de *Pinus sp.*, se obtuvo de un aserradero ubicado en uno de los barrios de Tecpan de Galeana. Se homogeneizó con una criba de 10 mm de abertura por lo que las partículas de aserrín que se utilizaron para el presente experimento fueron menores a 10 mm; el aserrín no recibió ningún tratamiento de composteo utilizándolo tal como se extrajo del aserradero por lo cual se le denominó aserrín crudo.

### Preparación del sustrato para el crecimiento de las plantas

Se hizo una mezcla de sustratos ocupando Peat moss, agrolita y vermiculita en proporciones de 60:20:20. Las mezclas que se prepararon consistieron de aserrín y la mezcla mencionada anteriormente en proporciones de cero % a 100% con rangos de 10% (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Lista de tratamientos con la combinación de aserrín y la mezcla compuesta por peat moss agrolita y vermiculita.**

No. Tratamiento	de Aserrín	Mezcla de peat moss, agrolita y vermiculita (60:20:20)
1	10%	90%
2	20%	80%
3	30%	70%
4	40%	60%
5	50%	50%
6	60%	40%
7	70%	30%
8	80%	20%
9	90%	10%
10	100%	0%
11	0%	100%

A todas las mezclas se les adicionó un fertilizante comercial de liberación lenta, (Osmocote plus®, 15-9-12 más micro elementos) con un tiempo de liberación de

nueve meses. La dosis utilizada fue de ocho Kg/m<sup>3</sup>. De cada tratamiento se llenaron tres charolas, de 49 cavidades (diámetro de 4 cm, altura de 19.5 cm y una capacidad de 140 cm<sup>3</sup>), dando un total de 33 charolas y 1617 plantas, cada planta fue una unidad experimental.

### Trasplante de plantas

En cada una de las cavidades de las charolas se hizo la siembra directa de *Cedrela odorata* L. a una profundidad de 2 veces el diámetro de la semilla. La cantidad de plantas fue de 147 plantas por tratamiento y 1,617 plantas para el total del experimento. La siembra directa se hizo en la primera semana de abril del 2010.

### Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con una asignación de tratamientos utilizando tablas de números aleatorios. Las plantas permanecieron en el vivero con malla sombra durante tres meses y medio, aplicándoles riegos diarios en el primer mes. A partir del segundo mes se les aplicó un riego cada tercer día, esto hasta completar el tiempo de permanencia en el vivero.

### Variables evaluadas en las plantas

Concluido el tiempo de crecimiento se evaluaron mediante muestreo tres plantas por charola en cada una de las repeticiones del experimento, seleccionándolas aleatoriamente. Para medir las variables se procedió a desprender las plantas de la cavidad y exponer la parte radical que se encontraba en el sustrato a un chorro con agua de la llave para desprender el sustrato y medirlas. Las variables que se midieron en el mismo día que se sacó el experimento fueron: altura y diámetro en la base del tallo. Para la medición de la altura se utilizó una regla graduada en centímetros y milímetros, para medir el diámetro se utilizó un vernier digital con aproximación a centésimas de mm. A todas las plantas se les colocó en una bolsa de papel con sus datos de identificación.

Posteriormente las plantas fueron llevadas al Laboratorio de Semillas Forestales del Centro de Investigaciones Forestales (CIF), del Instituto de Ciencias Agropecuarias perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, en donde a las plantas les fue separada la raíz de la parte aérea y por partes separadas fueron depositadas en bolsas

de papel en una estufa marca Grieve modelo LW-120C a 70°C donde se mantuvieron durante 72 horas. Concluido este tiempo se pesó la parte radical y aérea para obtener el peso seco. Con los datos anteriores se estimaron el índice de esbeltez, la relación parte aérea/raíz y el índice de calidad de Dickson.

El índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura en cm entre el diámetro del tallo en mm. La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente entre el peso seco de la parte aérea en gramos y el peso seco de la raíz en gramos.

El índice de calidad de Dickson (ICD) resultó de integrar los valores de biomasa total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz (Dickson *et al.* 1960), donde los valores más altos indicaron plantas de mejor calidad (Thompson, 1985).

$$ICD = \left[ \frac{\text{Peso.seco.total(g)}}{\frac{\text{Altura(cm)}}{\text{Diámetro(mm)} + \frac{\text{Peso.seco.aéreo(g)}}{\text{Peso.seco.radial(g)}}} \right]$$

### Análisis estadístico

Los datos de las variables respuesta se sometieron a un análisis de varianza tradicional, también se realizó una comparación de medias a través de la prueba de medias de Tukey. Para ello se utilizó el software Statistical Analysis System (SAS, 1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza obtenido es altamente significativo para la variable, altura (ALT) con un valor de 14.37; Diámetro (DIAM) con un valor de 0.38; Peso seco de la parte aérea (PSPa) con un valor de 0.34; Peso seco de la raíz (PSR) con un valor de 0.45; Peso seco total (PST) con un valor de 1.26; Relación peso seco de la parte aérea entre peso seco de la raíz (PSPa/PSR) con un valor de 0.43; para el índice de esbeltez (IESB) con un valor de 0.46 y de 0.012 para el índice de calidad de Dickson (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Análisis de varianza para las variables evaluadas en los tratamientos de porcentajes de aserrín en *Cedrela odorata* L.**

Cuadrado medio de significancia									
F.V.	GL.	ALT	DIAM	PSPa	PSR	PST	PSPA/PS	IESB	ICD
Trato	10	14.37**	0.38**	0.34**	0.45**	1.26**	0.43**	0.46**	0.012**
Error	55	8.74	0.39	0.07	0.16	0.30	0.10	0.36	0.003

Las letras en cada columna representan diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey a un nivel de  $p = 0.05$ .

La influencia de los cuatro tratamientos de fertilización en el crecimiento de cedro rojo de acuerdo a las variables evaluadas mostraron diversos efectos (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Influencia de los tratamientos de porcentajes de aserrín en el crecimiento de plantas de *Pinus patula* para las variables evaluadas.**

Trato	ALT	DIAM	PSPa	PSR (g)	PST (g)	PSPA/PS	IESB	ICD
0			1.51 abc	0.78 b	2.3 abc	2.00 ab		0.25 ab
10				0.83 ab	2.7 abc			0.27 ab
20			1.15 c	0.63 b	1.78 bc	1.88 abc		0.18 b
30			1.15 c	.58 b	1.73 c	1.98 ab		0.17 b
40			1.48 abc	0.76 b	2.25 abc	1.93 abc		0.24 ab
50			1.46 abc	0.71 b	2.18 abc	2.05 ab		0.22 ab
60			1.66 abc			1.33 c		0.30a
70			1.71 ab	1.11 ab	2.83 ab	1.58 bc		
80			1.68 ab	0.95 ab	2.63 abc	1.83 abc		0.26 ab
90	30.667		1.71 ab	1.03 ab	2.75 abc	1.68 abc		
100			1.3 bc	1.53 ab	2.15 bc	1.53 bc		0.23 ab

La altura de planta no presentó diferencia estadística altamente significativa ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos, a excepción de aquella que contenía 100% de aserrín que fue la menor (29.5cm). Su mayor diámetro (7.98mm) se alcanzó cuando se desarrollaron en el tratamiento que contenía 70% de aserrín y los menores se desarrollaron en los tratamientos compuestos por 100, 30, y 20% de aserrín con valores de 7.25, 7.17 y 7.12 mm., respectivamente.

El mayor peso seco de la parte aérea se presentó en las plantas que tuvieron el tratamiento compuesto por 10% de aserrín + 90% de la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita, que alcanzo un peso de 1.8667g., seguido por los tratamientos que contenían 70, 90, y 80% de aserrín con valores de 1.7167g., 1.7167g., y 1.6833g., respectivamente.

El tratamiento que contenía la mezcla de 60% de aserrín + 40% de la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita alcanzó el mayor valor de peso seco de raíz (1.5667 g) seguido de los tratamientos con 70, 90, 80, 100 y 10% de aserrín con valores de 1.1167, 1.0333, 0.95, 0.85 y 0.8333 g. respectivamente, no siendo estadísticamente diferentes entre estos seis valores ( $p=0.05$ ).

### Peso seco total

En la variable peso seco total presenta diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 2). El análisis de comparación de medias de Tukey agrupa el peso seco total en cuatro grupos (Cuadro 3). El tratamiento con 60% fue el más alto con un valor de 3.23 g, seguido con el de 70% de aserrín con valor de 2.8333 g; seguido de los tratamientos con 90, 10, 80, 0, 40 y 50% de aserrín (tercer grupo) con valores de 2.75, 2.7, 2.6333, 2.3, 2.25 y 2.1833 g. respectivamente, no siendo estadísticamente diferentes entre estos seis ( $p=0.05$ ); El cuarto grupo estuvo formado por los tratamientos con 100, 20 y 30% de aserrín con valores de 2.15, 1.7833, 1.7333 g. de manera respectiva.

De manera general, las variables descritas anteriormente tuvieron un comportamiento similar, los mejores resultados se obtuvieron cuando las plantas crecieron en el tratamiento de 70% de aserrín + 30% de la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita; por lo que la reducción de sustratos importados se disminuye significativamente. No obstante, resultó estadísticamente igual a los tratamientos que contenían de 60 a 90% de aserrín, y es en estos tratamientos donde el ahorro por concepto de sustratos es importante (90%), considerando que al utilizar la mezcla con 90% de aserrín los costos de producción de planta se reducirían sustancialmente. Además, no se detecto que el aserrín en la mezcla compuesta por 90% de aserrín generara plantas de calidad inadecuada en comparación con la mezcla de peat moss- agrolita-vermiculita, por el contrario, fue el segundo mejor sustrato en producir las plantas con las mejores características (sólo por debajo del tratamiento con 70% de aserrín aunque no presentaron diferencia estadística entre ellas). Estos resultados confirman los datos de Boodley (1998), quien asegura que el aserrín crudo puede ser utilizado como medio de crecimiento

si se agrega fertilizante en la cantidad adecuada.

De igual forma Starck y Lukaszuk (1991) reportaron que con altas dosis de fertilizante es posible incluir aserrín crudo hasta en un 75%, y que con esta mezcla se obtienen los más grandes tallos y diámetros de especies ornamentales. Pudelski (1983) encontró que la mezcla de aserrín crudo y turba en volumen de 75 y 25% respectivamente, dio buenos resultados en especies ornamentales. Con los resultados obtenidos se descarta el hecho de que el aserrín presente efectos tóxicos en la producción de plantas, por lo que su utilización representa un material alternativo para el viverista forestal, tomando en cuenta que es de fácil manejo, barato y además, que se encuentra disponible en grandes cantidades, sin olvidar que se deben realizar los ajustes correspondientes con la aplicación de nutrimentos.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo, donde las mezclas con altas concentraciones de aserrín dieron los mejores resultados son alentadores, Mastalerz (1977) afirma que el aserrín es el sustrato más común y ampliamente utilizado porque tiene muchas características que lo hacen deseable para la preparación de los medios de crecimiento. De acuerdo con este autor todos los tipos de aserrín mejoran las características físicas de los medios de crecimiento; además, el tamaño de las partículas de aserrín es tal que es fácilmente manejable con otros componentes del medio; esto confirma lo que sucedió en este trabajo ya que las mejores plantas se presentaron cuando crecieron en altos porcentajes de aserrín, no obstante, el complemento para la mezcla fue de productos importados que contribuyeron a mejorar las características del sustrato para que las plantas crecieran satisfactoriamente.

Una de estas propiedades fue el tamaño de las partículas ya que el aserrín es el complemento perfecto para llenar los huecos que quedan en la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita, con esto se incrementa la capacidad de retención de agua. Caron *et al.* (2001) descubrieron que si se elimina el tamaño de partícula pequeño disminuye la capacidad de retención de agua en el sustrato. Esto sugiere que el tamaño de la partícula tiene una gran importancia en las propiedades físicas del

sustrato y por lo tanto en el desarrollo de la planta, lo que explica en parte el comportamiento que tuvieron los tratamientos que contenían aserrín. Por otra parte De Boodt y Verdonck (1972) encontraron que el espacio poroso total del aserrín es de 84.65% lo que lo acerca al sustrato ideal, comparándolo con la turba negra que presenta 86%, lo anterior es importante tomando en cuenta que las mezclas que contenían de 60 a 90% de aserrín presentaron una equilibrada estructura de poros, lo que proporcionó un buen intercambio gaseoso para el sistema radicular, lo cual afectó directamente a todas las funciones de la planta como la absorción de agua y nutrimentos.

Las plantas que crecieron en las mezclas que contenían altos porcentajes de aserrín presentaron aspectos de mayor vigor con colores verdes más oscuros y plantas mejor conformadas, a medida que avanzaba su estancia en el vivero. Beardsell *et al.* (1979) encontraron que en el aserrín, el agua disponible como una medida de porcentaje de humedad en volumen, es muy similar al de la turba (51.9% contra 50.2% respectivamente); sin embargo, el aserrín mantiene a la planta sin marchitarse por un periodo más largo (14 días), que el esperado de acuerdo a la capacidad de retención de agua disponible, contrario a la turba que únicamente mantiene a la planta sin marchitarse por 7.3 días bajo las mismas condiciones ambientales.

Las plantas que tuvieron una mejor disponibilidad de nutrimentos fueron las que presentaron los mayores valores de las variables altura, diámetro, PSPa, PSR y PST y estas fueron las que se desarrollaron en las mezclas que contenían de 60 a 90% de aserrín, esto podría ser explicado por el pH resultante del aserrín + la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita ya que el principal efecto del pH es su influencia en la disponibilidad de los nutrimentos, especialmente en los micronutrimentos, ya que muchos nutrimentos son inaccesibles a las raíces o a veces tóxicos con pH extremos. De acuerdo con Ruano (2003), el viverista debe mantener los valores de pH en el sustrato con un rango ligeramente ácido entre 5.5 y 6.5. Mateo (2002) encontró que las mezclas con más del 50% de aserrín presentaron un pH menor a 6.0, el pH disminuyó a medida que aumentó la cantidad

de aserrín, hasta valores de 4.7 y 4.5, en la mezcla con 100% de aserrín. Esto es de gran importancia ya que el pH resultante de las mezclas que arrojaron los mejores resultados estuvo dentro de los rangos óptimos de pH de acuerdo con el autor.

Los peores resultados se presentaron en los tratamientos que contenían 0, 30, 20 y 100% de aserrín, es decir que los tratamientos que presentaron los valores más bajos correspondieron a la mezcla donde predominaban el peat moss-agrolita-vermiculita, que es el tratamiento recomendado para el sistema tecnificado de producción de planta en vivero. Para esta mezcla de sustratos el fabricante recomienda fertilizante de lenta liberación, fertilizante soluble aplicado al sistema de riego y aplicaciones foliares, en el presente trabajo estas aplicaciones extras de fertilización no se realizaron, lo que podría explicar el pobre desarrollo de las plantas en este tratamiento.

En cuanto al tratamiento que contenía 100% de aserrín los malos resultados podrían ser explicados por el exceso de humedad que presenta este sustrato, generado por el tamaño de partículas, ya que suele comportarse con mejores resultados cuando se mezcla con materiales de partículas más gruesas que aporten una mayor aireación, como es el caso de los sustratos importados. Otro de los factores que podrían afectar el crecimiento de las plantas es la relación C/N ya que en el aserrín crudo el contenido de carbono es muy elevado, reteniendo cantidades importantes de nitrógeno lo que influye negativamente en su crecimiento al retener el aserrín iones de nitrógeno que le servirían a la planta.

La información acerca de la producción de especies forestales creciendo en sustratos a base de aserrín es muy limitada, por lo que se recurrió al cultivo de hortalizas que es donde más trabajos se han realizado. Adamson y Maas (1971) mencionan que el tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) pueden crecer exitosamente en medios sin suelo compuestos completamente de aserrín crudo si se enriquecen adecuadamente con los nutrientes minerales esenciales. En este trabajo al utilizar aserrín el rendimiento incrementó en casi 50% con respecto al testigo.

Pudelski (1978) utilizó una mezcla con 75% de aserrín fresco + 25% de turba y logró un rendimiento superior al testigo compuesto únicamente de turba. Concluyó que el aserrín crudo tomado directamente del aserradero es efectivo para el crecimiento de jitomate y pepino. El mismo autor, pero en 1980, menciona que es posible usar aserrín y corteza de pino no composteados de especies de coníferas como sustrato para el crecimiento de hortalizas. D'angelo *et al.*, (1993) encontraron que en plantas ornamentales el aserrín crudo puede sustituir hasta en un 66% al peat moss en mezclas de sustratos para la producción de plantas de calidad. Ismaili *et al.* (1996), en trabajos realizados en la producción de melón (*Cucumis melo* L.) utilizando como sustrato aserrín crudo del árbol de hule (*Ficus elasticus*), encontraron mejores resultados cuando aumentaron la proporción de aserrín crudo a un 60%, además mencionan que no se observaron síntomas de toxicidad en las plantas. Beltran y Rembao (1996), en una investigación con *Petunia híbrida*, reportan que el aserrín crudo en porcentajes de 55, 65 y 75% puede competir con la turba canadiense en peso seco de la planta y tiempo de floración. Jarvis (1997) reporta que el aserrín crudo ha sido efectivo en el cultivo de jitomate y lechuga en la Columbia Británica (Canadá).

Andrade y Valenzuela (2002) realizaron un estudio con plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en sustratos a base de aserrín de *Pinus radiata* D. Don. Los tratamientos que se utilizaron fueron aserrín sin tratar, suelo rojo arcilloso y una mezcla de ambos. Encontraron que las plantas de tomate cultivadas en sustratos que incluyeron aserrín tratado con mezclas fungicidas presentaron los mejores resultados.

Los resultados del presente trabajo, de manera general, coinciden con lo realizado por Mateo (2002) en la producción de planta de *Pinus patula* y *P. teocote*, donde encontró que mezclas que contenían entre 70 y 80% de aserrín con fertilizante produjeron el mayor peso seco, altura y diámetro de las plantas de ambas especies al comparar mezclas de 10 a 100% de aserrín con tierra de monte. Por otra parte Martínez (2005), evaluó el efecto de diferentes combinaciones de sustratos (aserrín, arena de río y tierra de monte) sobre el crecimiento y calidad de planta de *P. patula* en

vivero. Encontró que el mayor valor para las variables PSPa, PSR, ALT y DIAM se presentaron cuando las plantas se desarrollaron en el sustrato que contenía entre 80 y 90% de aserrín.

Reyes (2005) evaluó el efecto de diferentes mezclas de aserrín (cuatro mezclas de sustratos compuestos de aserrín, tierra de monte, corteza de pino, peat moss y agrolita) sobre el crecimiento inicial de *Pinus pseudostrabus* var. *Apulcensis*, producidas con el sistema tradicional en vivero. Utilizó cuatro tratamientos, mezclando 80% de aserrín + 20% de cada uno de los demás componentes: tierra de monte, corteza de pino, peat moss y agrolita. A cada mezcla de sustrato se le aplicó el fertilizante de liberación lenta Multicote® (18-6-12) en una dosis de cinco kg/m<sup>3</sup>. El investigador encontró que la mezcla que contenía 80% de aserrín + 20% de peat moss, resultó ser la mejor para las variables PSPa, PSR, ALT y DIAM.

Los experimentos antes citados reportan resultados muy similares a los del presente trabajo ya que, de manera general, los tres autores reportan los mayores valores para las mezclas de aserrín que contenían 80%. Por lo que al sustituir 80% de los sustratos importados por aserrín implicaría una reducción en los costos de producción de plantas en vivero. Por otro parte también es importante mencionar que se reduciría la salida de divisas, dado que la turba es un sustrato de importación. El aserrín es un desperdicio de la industria forestal y su costo es muy bajo y en muchas regiones forestales no tiene valor. Por lo anterior se puede decir que el aserrín fresco en combinación con otros materiales, representa un medio de crecimiento alternativo a los sustratos importados en la producción de especies forestales.

### **Relación (PSPa/PSR)**

Uno de los indicadores de la calidad de planta producida en vivero es el cociente que resulta de dividir el peso seco de parte aérea (PSPa) entre el peso seco de raíz (PSR). Para esta variable obtuvimos una diferencia estadística altamente significativa ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 2). De acuerdo a la prueba de medias de Tukey se formaron cuatro grupos (Cuadro 3). El mayor valor correspondió al tratamiento con 10% de

aserrín, con un valor de 2.266. Los siguientes valores más altos correspondieron a los tratamientos con 50% y 30% de aserrín con valores de 2.050 y 2.000 respectivamente, sin diferencia significativa entre ellos. El siguiente grupo lo formaron los tratamientos con 40%, 20%, 80% y 90% con valores de 1.933, 1.883, 1.833 y 1.683 respectivamente. Los valores más bajos para esta variable correspondieron a los tratamientos de 100% y 60% con datos de 1.533 y 1.333.

En especies de latifoliadas tropicales la relación PSPa/PSR es deseable que sea mayor a 2.0, cuando la planta esté destinada para sitios con disponibilidad de agua normal para su tipo de vegetación (selva alta perennifolia, de los 0 a los 750 msnm). La mejor calidad de planta se obtiene cuando la parte aérea es relativamente grande y la raíz mediana, lo que puede garantizar una mayor supervivencia ya que evita que la absorción exceda a la capacidad de transpiración. Por lo tanto las plantas obtenidas bajo esta metodología no tendrían problemas de supervivencia en sitios de restauración (principalmente potreros), pero dado que el hábitat natural de *Cedrela odorata* L. es de alta humedad, las plantas producidas serían adecuadas para los lugares en que normalmente se desarrolla esta especie.

Los valores de la relación PSPa/PSR del presente trabajo resultaron similares a otras especies con sustrato a base de aserrín, como los reportados por Reyes (2005) con *Pinus pseudostrabus*, con valores de 2.33. Martínez (2005) por su parte trabajando con *Pinus patula* encontró que el mayor valor para esta relación se obtuvo en una mezcla que contenía 60% de aserrín + 40% de tierra de monte; sin embargo, en el presente trabajo el segundo mejor valor correspondió la mezcla que contenía 50% de aserrín.

### **Índice de esbeltez**

La relación altura/ diámetro o índice de esbeltez, es otro indicador que combina los valores de las variables altura y diámetro, con el fin de tener una mejor predicción de la calidad de la planta. Para esta variable no se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos (Cuadro 2). De acuerdo con la prueba de comparación de medias, de Tukey, se formó un grupo (Cuadro 3). El tratamiento que presentó

los mayores valores para el índice de esbeltez se encontró en las plantas que crecieron en el tratamiento que contenía 80% de aserrín con un valor promedio de (4.7667). El valor mas bajo (3.9667) fue para el tratamiento con 90% de aserrín.

Este índice relaciona la resistencia de la planta con su capacidad fotosintética (Toral, 1997). Se recomienda que los valores sean bajos, lo que indica una planta más robusta y con menos probabilidad de daño físico por la acción del viento, sequía o heladas en el sitio de plantación (Thompson, 1985). Sin embargo, los valores obtenidos en el presente trabajo indican que las plántulas crecieron equilibradamente en altura y en diámetro, por lo que se obtuvieron plantas de “compleción” media. Cano *et al.* (1998) mencionan que en el sistema actual de producción de los viveros en México, las plantas producidas en contenedores cónicos o bloques de unicel son en general altas y delgadas, debido a que las practicas culturales utilizadas en el sistema tecnificado favorecen más el desarrollo de la parte aérea que el de la raíz en comparación con el sistema tradicional.

### Índice de calidad de Dickson

Para esta variable se obtuvo una diferencia estadística altamente significativa ( $p < 0.01$ ) entre tratamientos (Cuadro 2). De acuerdo con la prueba de comparación de medias, de Tukey, se formaron tres grupos (Cuadro 3). Los mayores valores para este índice correspondieron a 70%, 90% y 60% de aserrín con valores de 0.313, 0.306 y 0.303 respectivamente. El segundo grupo correspondió a los tratamientos con 10%, 80%, 0%, 40%, 100% y 50% con valores de 0.278, 0.263, 0.255, 0.240, 0.233 y 0.223 respectivamente, no siendo estadísticamente diferentes entre estos tratamientos ( $p = 0.05$ ). El tercer grupo lo formaron los tratamientos con 20 y 30% de aserrín con valores de 0.185 y 0.17833 respectivamente.

Este índice combina la información de los dos índices anteriores y los ajusta por el efecto del tamaño de la planta, por lo que un aumento en el índice representa plantas de mejor calidad, lo cual implica que, por una parte, el desarrollo de la planta es grande y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical están equilibradas (Oliet, 2000).

Los valores de índice de esbeltez y del índice de Dickson (ICD) resultaron similares a los reportados por Reyes (2005) con plantas de *Pinus patula*, con valores altos para los índices de esbeltez (entre 6.55 y 5.74) y bajos para el ICD, entre 0.48 y 0.25. De igual forma resultaron similares a otras especies con otros sustratos, como los encontrados por Román *et al.* (2001) con *Pinus greggii* Engelm. (*var. Australis* Donahue & Lopez) con valores entre 11.48 y 12.08, para el índice de esbeltez, y valores bajos para el ICD (entre 0.4 y 0.6); el autor atribuyó estos resultados a la presencia de un gran crecimiento aéreo con respecto al radical debido a un exceso de nutrimentos. Martínez (2005) reportó el mayor ICD cuando las plantas de *Pinus patula* se desarrollaron en un sustrato compuesto por 80 y 90% de aserrín. Cobas *et al.* (2001) con *Hibiscus elatus* Sw, utilizando como sustrato una mezcla de 20% corteza de pino compostada + 40% humus de lombriz + 40% turba, encontraron valores de 0.1 y 0.2 para el ICD, lo que no es adecuado. Barajas *et al.* (2004) trabajando con *Pinus greggii* (*var. Australis*), utilizaron un sustrato que consistió en una mezcla de suelo forestal y arena (3:1); obtuvieron valores de ICD menores a 0.5 a los diez meses de edad. Por lo tanto los sustratos compuestos con las mezclas a base de aserrín en combinación con sustratos importados, producen plantas iguales e inclusive de mejor calidad que los producidos con otros sustratos.

### CONCLUSIONES

Todas las mezclas de sustrato que contenían aserrín produjeron plantas de mejor calidad, comparadas con la mezcla de sustratos recomendados para el sistema tecnificado de producción de planta en vivero (considerada como testigo).

El aserrín crudo de *Pinus teocote* puede sustituir hasta un 90% a la mezcla de peat moss, agrolita y vermiculita, generando plantas de buena calidad.

El vivero forestal el cerrito, lugar donde se desarrollo el presente trabajo, produjo el total de su producción del ciclo 2009-2010 de *Cedrela odorata* L. en mezclas a base de aserrín crudo en forma exitosa, lo que confirma los resultados del presente trabajo.

## LITERATURA CITADA

- Adamson, R., M.; Mass, F., E. 1971. **Sawdust and other soil substitutes and amendments in greenhouse tomato production.** Hortscience 6: 397-399.
- Andrade, S., N.; Valenzuela, F., E. 2002. **Aserrín de pino petratado con cepas fungicidas como sustrato para la producción de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.).** Agrosur 30 (2): 22-30.
- Barajas, R., J.E.; Aldrete, A., J.J.; Vargas, H.; López U., J. 2004. **La poda química en vivero incrementa la densidad de raíces en árboles jóvenes de *Pinus greggii*.** Agrociencia 38: 545-553.
- Beardsell, D.V.; Nichols, G., D.; Jones, L., D. 1979. **Water relations of nursery potting-media.** Scientia Horticulturae. 11: 9-17.
- Beltrán, V., C.H.; Rembao, J., A. 1996. **Evaluación de diferentes sustratos orgánicos para la producción de planta en vivero.** XXVII Congreso nacional de la ciencia del suelo. Cd. Obregón Sonora, México. P. 192.
- Boodley, W.J. 1998. **The Commercial Greenhouse.** 2<sup>nd</sup>. Edition. Del mar publishers, Washington, USA. Pp. 146-148.
- Cabrera, R., I. 1999. **Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta.** Revista Chapingo serie Horticultura 5 (1): 5-11.
- Cano, P., A.; Vargas, H., J.J.; González, H., V.A.; Vera, C., G.; Cetina, A., V.M. 1998. **Caracterización morfológica de plántulas de *Pinus greggii* Engelm en dos sistemas de producción en vivero.** Ciencia Forestal en México 23 (84): 19-27.
- Caron, J.; Morel, N., P.; Riviere, M., L. 2001. **Aereation in growing media containing large particle size.** Acta Horticulturae. 548: 229-233.
- Cobas, L., M.; Castillo, I.; González, I., E. 2001. **Comportamiento de diferentes parámetros morfológicos en la calidad de la planta de *Hibiscus elatus* sw., cultivada en viveros sobre tubetes en la provincia de Pinar del Río.** Revista Avances 3(1): 17-21.
- D'angelo, G.; Calstelnuovo, F., M.; Galli, O., A.; Vallagussa, F. 1993. **Relations between physical and chemical propertis of the substrate and growth of some pot ornamentals.** Acta Horticulturae. 342: 313-323.
- De Boodt, M.; Verdonck, O. 1972. **The physical properties of the substrates in horticulture.** Acta Horticulturae. 26: 37-44.
- Dickson, A.; Leaf, A.L.; Hosner, J.F. 1960. **Quality appraisal of write spruce and white pine seedling stock in nursecies.** For. Chron. 36: 10-13.
- García, C., O. 1999. **Materiales orgánicos como sustratos para la producción de *Epipremnum aureum* y *spathyllum wallisii* cultivadas en maceta.** Tesis de Maestría. Colegio Postgraduados, Montecillos, México. 115 p.
- Ismail, M.R.; Rahmani, Y.; Awang, Y. 1996. **The use of rubberwood sawdust (RS): peat mix in the soilles cultivation of melon (*Cucumis melo* L.).** Acta Horticulturae. 450: 149-154.
- Jarvis, R.W. 1997. **Managing disease in greenhouse crops.** APS press, Minnesota, USA. pp 19-189.
- Martínez, R., M. 2005. **Inoculación con hongos comestibles ectomicorrizicos, poda química y sustratos en el mejoramiento de calidad de *Pinus patula* en vivero.** Tesis de Maestría. Colegio Postgraduados, Montecillos, México. 83 p.
- Mastalerz, J.W. 1977. **The greenhouse environment.** John wiley and sons New York. USA. 629 p.
- Mateo, S., J.J. 2002. **Potencial del aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas.** Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 92 p.
- Oliet, J. 2000. **La calidad de la postura forestal en vivero.** Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.
- Pudelski, T. 1978. **Using waste products of wood industry and paper mills as substrates and organic fertilizers in growing vegetables under protection.** Acta Horticulturae. 82: 67-74.
- \_\_\_\_\_.1980. **Common beech bark compost as growing medium and soil improver in growing vegetables under protection.** Acta Horticulturae. 99: 105-113.
- \_\_\_\_\_.1983. **Composted and non composted wood wastes in growing vegetables under protection in Poland.** Acta Horticulturae. 133: 237-257.
- Reyes, R., J. 2005. **Practicas culturales para mejorar la calidad de plantas de *Pinus patula* y *P. Pseudostrobus* var. *Apulcensis* en vivero.** Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados, Montecillos, México. 95 p.
- Román, J., A.R.; Vargas, H., J.J.; Baca, C., G.A.; Trinidad, S., A.; Alarcón, B., M.P. 2001. **Crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm., en respuesta a la fertilización.** Ciencia Forestal en México 26(89): 19-43.
- Ruano, M., J.R. 2003. **Viveros forestales: Cultivo de brinzales forestales en envase. Sustrato o medio de cultivo.** Mundi-prensa. España. pp 126-143.

- Santiago, T., O. 2002. **Evaluación del crecimiento en vivero de plántulas de cinco especies de coníferas producidas en tres mezclas de sustratos y tres tamaños de contenedor.** Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 241 p.
- SAS. 1996. **Statistical Analysis System. User's Guide: Basics SAS System Institute Inc.** Cary, N.C: USA.
- SEMARNAT. 2005. **Informe de la situación de Medio Ambiente en México.** Compendio de estadísticas ambientales.
- Starck, J.R.; Lukaszuk, K. 1991. **Effect of fertilizer nitrogen and potassium upon yield and quality of carnations grown in peat and sawdust.** Acta Horticulturae. 294: 289-296.
- Thompson, B.E. 1985. **Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking. In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test.** M. L. Duryea (ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. pp: 59-71.
- Toral, I.M. 1997. **Concepto de calidad de plantas en viveros forestales. Documento Técnico 1. Programa de Desarrollo forestal integral de Jalisco.** SEDER., Fundación Chile, Consejo Agropecuario de Jalisco. México. 28 p.

**José Justo Mateo Sánchez**

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

**Rigoberto Bonifacio Vázquez**

Pasante de Ingeniería Forestal. Instituto de Tecnológico Regional de Morelia, Michoacán.

**Sergio Rubén Pérez Ríos**

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

**Leopoldo Mohedano Caballero**

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

**Juan Capulín Grande**

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2011

## **AGUA DESARROLLO Y CONFLICTO DENTRO DEL PLAN PUEBLA PANAMÁ**

Julia Isabel Martínez Fuentes y Eduardo Andrés Sandoval Forero

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 133-151.



**e-revist@s**

## AGUA, DESARROLLO Y CONFLICTO DENTRO DEL PLAN PUEBLA PANAMÁ

### WATER, DEVELOPMENT AND CONFLICT IN THE PLAN PUEBLA PANAMA

Julia Isabel Martínez Fuentes<sup>1</sup> y Eduardo Andrés Sandoval Forero<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Alumna de la sexta generación de la Maestría en Estudios para la Paz y el Desarrollo, Universidad Autónoma del Estado de México. <sup>2</sup> Doctor en Sociología (UNAM), investigador del CIEAP, UAEM. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1995 (nivel II). Catedrático y profesor invitado de universidades de Estados Unidos, América del Sur, España e Italia. Autor de varios libros sobre cultura, grupos étnicos y migración. Premio Estatal de Ciencia y Tecnología 2005 en el área de Ciencias Sociales y Humanidades otorgado por el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología.

#### RESUMEN

El presente artículo trata sobre el desarrollo en la región que ocupa el anterior Plan Puebla Panamá (PPP) en especial la problemática en torno al factor geoestratégico del agua, como parte importante del hoy Proyecto de Integración y Desarrollo de Mesoamérica (PIDM) en relación con el Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC) conexión hidroeléctrica de Centroamérica hasta Colombia. Actualmente, la viabilidad de la empresa advierte la tensión entre las voluntades locales y las globales, en el contexto de la apropiación de recursos naturales y de la resistencia de las comunidades ante efectos adversos que contrae la modificación del medio ambiente además de las dinámicas regionales y locales específicas no atendidas ni en el PPP, ni por el actual PIDM.

**Palabras clave:** Plan Puebla Panamá, Agua, Conflicto, desarrollo.

#### SUMMARY

This article discusses the negative factors of development in the region where was placed the precedent Puebla Panama Plan (PPP), in particular issues around the geostrategic factor of water, as an important part of the current Project of Integration and Development of Mesoamerica in connection with the Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central (SIEPAC), hydroelectric connection from Central America to Colombia. Currently, the enterprise viability catches tensions between the local and global wills, in the context of the appropriation of natural resources and the resistance of communities opposite to adverse effects that result of the modification of the environment, in addition to the regional and local dynamics not served in the PPP and in the current PIDM.

**Keywords:** Plan Puebla Panama, Water, Conflict, Development.

#### Tras las huellas de la integración

Después de la Segunda Guerra Mundial, la economía internacional se reconfiguró a través del capitalismo global, fue así como nació el Banco Mundial (BM) -conformado por el Banco Internacional para la Reconstrucción y el Fomento, International Development Association, International Finance Corporation,

Multilateral Investment Guarantee Agency e internacional Centre for Settlement of Investment Disputes- y el Fondo Monetario Internacional (FMI), encargados entonces de alinear a través de tratados comerciales, el endeudamiento de los países periféricos y coadyuvando a los modelos de gobierno que propiciaran la intervención de capital foráneo. En este tenor, se suponía que los países periféricos también tendrían injerencia en las decisiones del FMI y el BM, sin necesidad de sacrificar la soberanía económica y política de los estados, cuestión que no sucedió y en el caso específico de las comunidades locales, quedaron desprotegidas ante las poderosas voluntades del capitalismo global.

Ahora, en pleno siglo XXI, con la economía global reordenada en "bloques económicos", como la *Unión Europea*, la APEC en la que participan los *Tigres Asiáticos* (Singapur, Hong Kong, Taiwán, Corea), los *tigres menores* (Tailandia, Malasia, Indonesia, Filipinas) y en cierta forma la India y Japón, y a raíz de la reestructuración económica de los Estados Unidos, ésta se ha visto amenazada en su hegemonía político-económica. Por ello, a través de tratados como el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el Área de Libre Comercio de América (ALCA), impuestos de manera antidemocrática, Estados Unidos pretende mantener la cohesión y el control estratégico geopolítico-económico-militar del continente. Es así que el Plan Puebla Panamá adquiere vida a partir de 2001, como parte de una estrategia comercial, atiende — oficialmente— a la necesidad de integrar una región con escaso desarrollo, con el fin de mitigar la afluencia migratoria rumbo a Estados Unidos a través de planes de desarrollo humano

y sustentable, aprovechar la biodiversidad, los recursos naturales como el agua, petróleo, gas, azufre, las fuentes térmicas, geotérmicas, eólicas existentes en la Región del PPP que comprende nueve estados de la República Mexicana: Puebla, Guerrero, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Yucatán, Campeche y Quintana Roo; siete países de América Central: Belice, Guatemala, Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá. En el 2007 se incluyó a Colombia.

A partir de la puesta en marcha del PPP el descontento social en las zonas que forman el ahora Proyecto Mesoamérica no se hizo esperar por la arbitrariedad con la que ha funcionado, sobre todo preocupa que la información no ha sido completa y veraz; ni de los objetivos del PPP, ni de los resultados, y menos de los posibles riesgos que de él emanen. Continua siendo importante que le prestemos atención a los puntos que ha dejó ver Amnistía Internacional en su carta dirigida a la Presidencia de la República Mexicana y a la Casa Blanca, donde se mencionó que *la situación es crítica en lo que respecta a derechos indígenas, los derechos de los migrantes y refugiados, el fracaso en asegurar la preponderancia de las garantías individuales en el contexto del TLC y otros acuerdos bilaterales y trilaterales.*<sup>1</sup>

Por todo lo anterior, es de importancia para los estudios de la paz, los conflictos y el desarrollo, revisar las diversas problemáticas que se desprenden del antes Plan Puebla Panamá, en

---

1 *Amnistía Internacional* también ha advertido de los problemas que puede acarrear el Plan Mérida, antes Plan México, un programa de seguridad para combatir el terrorismo y el narcotráfico, pero que en realidad fomenta la violencia —a través del militarismo y paramilitarismo— en la región desde Puebla hasta Colombia, engarzándose con el Plan Colombia I y II. Incluso tiene tal —preocupante— conexión que hemos pasado a ser el segundo país después de Colombia en recibir “apoyo” desde Estados Unidos por concepto de “seguridad”.  
<http://cencos.org/es/node/17530>,  
<http://cencos.org/es/node/18609>,  
<http://www.lajornadamichoacan.com.mx/2008/06/26/index.php?section=politica&article=009n1pol>

especial lo que compete al factor agua y que nos pone al filo de la navaja como parte del problema a nivel regional y también continental. El sueño de una integración pacífica y de cooperación se ha visto a lo largo del tiempo en diversos contextos históricos y geográficos. Para los griegos existió el modelo anfictiónico. Para los europeos la noción clara de una confederación de naciones tiene sus reflexivos antecedentes en Charles Irénée Castel abate de Saint Pierre hacia el siglo XVIII, quien en búsqueda de la paz perpetua confiaba que bajo los principios básicos comunes de no violencia se podría formar una federación, en su caso, europea. En América el libertador Simón Bolívar no sólo ideaba en su proyecto integracionista la preservación de la paz y la defensa de la soberanía en el marco de la confederación si no que concibió los puntos estratégicos para hacer de América una región económicamente activa y fuerte:

Los Estados del Istmo de Panamá hasta Guatemala formarán quizás una asociación. Esta magnífica posición entre los dos grandes mares podrá ser con el tiempo el emporio del universo. Sus canales acortarán las distancias del mundo; estrecharán los lazos comerciales de Europa, América y Asia...<sup>2</sup>

Dos siglos después de que Bolívar muriera viendo como su esfuerzo se desmoronaba por el egoísmo de unos cuantos, sólo queda la palabra integración como un efímero ideal que no ha sobrevivido a los sentimientos de individualismo y desigualdad que tanto nos aqueja como continente. A la sombra de aquel añejo sueño América ha visto crecer proyectos, programas, acuerdos, sedes, organismos con pretensiones de unificar los estados americanos. Lejos de todo ideal de pacífica integración, han quedado olvidadas las palabras de Bolívar: “El sistema de gobierno más perfecto es aquel que produce mayor suma de felicidad posible, mayor suma de seguridad social y mayor suma de estabilidad política”<sup>3</sup>

---

2 <http://www.e-libro.net/E-libro-viejo/gratis/jamaica.pdf> pág. 19

3 Ver. [http://www.simon-bolivar.org/bolivar/sb\\_ideal-de-un-pueblo.html](http://www.simon-bolivar.org/bolivar/sb_ideal-de-un-pueblo.html)

Conforme ha pasado el tiempo, lo único que puede apreciarse es el intenso bombardeo económico de Washington hacia los países latinoamericanos en su propósito de amarrar cada vez más la región con el fin de adquirir los beneficios del mismo en cuanto a mano de obra barata, ubicaciones geoestratégicas, recursos naturales, entre otros.

Lejos de ser una integración pacifista y equitativa los proyectos que se hacen llamar de integración vuelven nuestro continente una mazmorra, encarcelando recursos humanos y naturales al servicio de los “poderosos”. Desde los años 60’s de manera más contundente se han visto diversas formas de hacer llegar el capital desde Estados Unidos a Latinoamérica, como la Alianza para el Progreso (ALPRO) “Cuantiosos recursos estadounidenses e internacionales que comienzan a fluir a los países latinoamericanos, gracias a los cuales se pueden aplicar, por cierto, muchas políticas de corte nacionalista” (Carmagnani: 2004).

Los países latinoamericanos ven sólo las ventajas de la llegada de estos recursos a sus manos, sin embargo para Estados Unidos es una inversión que forma parte de una concertación política estratégica. Como parte de estos programas y estrategias comerciales y/o de “desarrollo” se forjan los vínculos asimétricos, quedando comprometidos nuestros recursos naturales, sociales y saberes.

En 1994 fecha en la que se activa el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), con los países de Canadá, Estados Unidos y México, comienza una serie de negociaciones para ampliar el Tratado con el objetivo de absorber el comercio de Centroamérica, Sudamérica, el Caribe, salvo Cuba. Como parte de los esfuerzos de integración económica también nace ALIDES (Alianza Centroamericana para el Desarrollo, 1994), va emergiendo el ALCA (Área de Libre Comercio de las Américas) y se comienza a presentar el Plan Puebla Panamá con 25 proyectos estratégicos que pretendía integrar y desarrollar la región (Figueroa: 2008).

Para el año 2000 asume la presidencia de México Vicente Fox Quesada, implementando a través de su Plan Nacional de Desarrollo la estrategia de impulsar la región sur-sureste, en ese mismo año le propone a sus colegas centroamericanos el impulso de una estrategia de desarrollo integrador que abarque desde Puebla a Panamá, en el caso de México la situación fue planteada a través del capítulo México dentro del Plan de desarrollo y en el caso centroamericano a partir de SICA (Secretaría General del sistema de Integración Centroamericana) a través del proyecto regional Transformación y Modernización de Centroamérica en el siglo XXI. Pero es hasta el 2001 que la idea toma mayor fuerza al oficializarse. En 2004 Colombia se integra como observador al PPP, a partir de 2006 se comienza a intensificarse el impulso al SIEPAC. En 2008 el plan Puebla Panamá se torna Proyecto Integración y Desarrollo Mesoamérica, Colombia cambia su status de observador a ser —oficialmente— activo integrante dentro del Proyecto debido a sus imprescindibles características, ya que a nivel mundial, ocupa los dos primeros lugares en especies de aves, peces, reptiles, mamíferos, anfibios, plantas, flora y su codiciada ubicación geoestratégica la coloca dentro de las dos reservas de agua más importantes del planeta, entre los Andes y la Amazonia, como informa la ONG Biodiversidad en América Latina el Caribe.

### **Plan Puebla Panamá**

El Plan Puebla Panamá fue proyectado por los organismos financieros del Banco Mundial y el Fondo Monetario Internacional en una región que abarca 102 304 000 hectáreas, donde viven poco más de sesenta y tres millones de habitantes, con una historia de diversidad cultural, étnica y social de mestizos e indígenas —en su mayoría descendientes del gran esplendor mesoamericano—; y con una vasta riqueza de recursos naturales, variada topografía, petróleo en abundancia, ríos, lagunas, cuencas hidrográficas, selvas, montañas, flora y fauna de la más diversa que pueda existir en el orbe como tal se plantea en el apartado México del documento base del PPP que:

“La abundancia de recursos naturales en la región Sur Sureste del país se caracteriza por presentar importantes afluentes de agua, concentrándose asimismo en ella la mayor parte de la precipitación pluvial del país. En ella se concentran también los más grandes acuíferos del país y los menos explotados”<sup>4</sup>

La región sur-sureste mexicana adherida al Plan Puebla Panamá es ocupada por alrededor de 36 millones de habitantes, concentrándose en esta misma zona el 74% de la población indígena del país.<sup>5</sup>

Parte de la riqueza de esta región esta conformada por los puertos ubicados en Tuxpan, Veracruz; Coatzacoalcos, Tabasco; dos bocas, Frontera, Campeche, Ciudad del Carmen, Cayo Arcas, Lerma, Yucatán; puerto Progreso, Quintana Roo; Puerto Morelos, Punta Venado, Cozumel, Oaxaca; Salina Cruz, Guerrero; Acapulco. Las zonas de biodiversidad prolífica están localizadas en Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Campeche, Quintana Roo. En cuanto a represas Guerrero y Tabasco ocupan un lugar importante y Chiapas acapara la atención por su importante presencia en la extracción de petróleo, generación de energía eléctrica y sus recursos hídricos.<sup>6</sup>

Esta abundancia en recursos naturales contrasta con la escasas o incluso nulas oportunidades para gozar de los derechos sociales como salud, alimentación, educación, vivienda, suficientes fuentes de trabajo, así como falta de una economía creciente y solida son parte de las problemáticas a las que se han enfrentado las nueve entidades del sur sureste de México sumiéndolas en grados altos de marginación como es el caso de: Veracruz (4to), Puebla (7mo), Campeche (8vo) y Tabasco (9no)

<sup>4</sup> Documento base del Plan Puebla Panamá, Capitulo 2, Los Recursos Naturales y el Desarrollo Sustentable, Presidencia de la República de México, 2001. Pág.5

<sup>5</sup> <http://www.nodo50.org/pchiapas/ppp/ppp26.htm>

<sup>6</sup> [http://www.igeograf.unam.mx/igweb/pdf/gaceta/gaceta\\_5.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/igweb/pdf/gaceta/gaceta_5.pdf)

Guerrero, Chiapas y Oaxaca clasificados con muy alta marginación ocupando los tres primeros lugares en el contexto nacional con porcentajes altos de hacinamiento en las viviendas, carencia de infraestructura para llevar a sus localidades agua entubada, electricidad y drenaje a sus hogares. Ubicándose en Coicoyán de las flores perteneciente a Oaxaca el municipio mas pobre de México según el informe de la ONU en cuanto a los resultados del Índice de Desarrollo Humano con un IDH similar a los encontrados en África Subsahariana.<sup>7</sup>

Con una población analfabeta del 70% y viviendo el 83.60% de sus habitantes en hacinamiento según cifras del CONAPO en su conteo del 2005<sup>8</sup> y el segundo municipio más pobre de México es Metlatónoc perteneciente a Guerrero. En esta radiografía de pobreza y marginación se aprecia que algunos territorios como La Cañada, Norte, Selva Norte, Sierra y Costa en Chiapas; la zona Maya de Campeche y Quintana Roo; la región Oriente y Litoral en Yucatán; Filo Mayor/Sierra, Montaña y Costa Chica en Guerrero<sup>9</sup> son parte de esta zona sur-sureste golpeada por la extrema pobreza que se extiende hasta traspasar los límites con Guatemala. 55,426km<sup>2</sup> de zona fronteriza entrelazan a Guatemala y México, siendo Chiapas la puerta principal de enlace con Guatemala a través de los departamentos guatemaltecos de San Marcos, Huehuetenango, El Quiché y parte de El Petén, departamento que acapara el 82% de la franja fronteriza.<sup>10</sup>

Cuadro realizado con datos extraídos de la CONAPO<sup>11</sup>

<sup>7</sup> Ramirez Ericka y Cilia David, Coicoyán, en el filo de la miseria, Contralínea, septiembre 2007. Ver:[http://www.oaxaca.contralinea.com.mx/archivo/2007/septiembre/htm/Coicoyan\\_miseria.htm](http://www.oaxaca.contralinea.com.mx/archivo/2007/septiembre/htm/Coicoyan_miseria.htm)

<sup>8</sup> [http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=126&Itemid=293](http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=126&Itemid=293)

<sup>9</sup> <http://www.nodo50.org/pchiapas/ppp/ppp26.htm>

<sup>10</sup> Ver [http://www.iis.ucr.ac.cr/publicaciones/tlc/integracion/mesa3/Juan\\_Dardn.pdf](http://www.iis.ucr.ac.cr/publicaciones/tlc/integracion/mesa3/Juan_Dardn.pdf) pág. 8

<sup>11</sup> Cuadro realizado con base a las estimaciones del Conapo con base en el II Censo de La Población y Vivienda 2005 Y Encuesta Nacional de Ocupación y

Estado	%		Sin energía eléctrica	Sin agua entubada	%viviendas con algún nivel de hacinamiento	Grado de marginación	Lugar que ocupa en el contexto nacional
	Ocupantes en viviendas sin drenaje ni serv. Sanitario						
GUERRERO	27.13	6.33	31.34	55.06	MUYALTO	1	
CHIAPAS	8.07	5.88	25.90	60.20	MUYALTO	2	
OAXACA	6.34	7.21	26.29	53.06	MUYALTO	3	
VERACRUZ	4.13	4.67	23.32	45.02	ALTO	4	
PUEBLA	5.45	2.19	14.03	49.16	ALTO	7	
CAMPECHE	9.85	4.85	11.15	51.42	ALTO	8	
TABASCO	3.99	1.95	22.94	47.11	ALTO	9	
YUCATAN	10.53	1.91	6.72	37.06	MEDIO	11	
Q. ROO	5.19	2.59	4.66	49.90	BAJO	19	

Vicente Fox, como parte de un plan impulsor del desarrollo en la región sur sureste, implementa a partir del 2001 el Programa Marcha Hacia el Sur (PMHS) con propósito de promover proyectos inversionistas y generar empleos estables en pro del desarrollo de la región<sup>12</sup>. Este programa se planteó como parte del PPP ofreciendo respaldo económico para las entidades federativas y los municipios. Todo lo anterior justificado en el informe emitido en el 2006. Lo que con anterioridad era parte de una estrategia de desarrollo del sur sureste pero que al final de cuentas se había creado para ir incluyendo a los países centroamericanos dentro de sus primeras etapas. Los aspectos que desde un principio pretendía abarcar fueron: Desarrollo Sustentable, Desarrollo Humano, Prevención de Desastres

Empleo (Enoe) 2005, IV Trimestre. Ver: <http://www.conapo.gob.mx/publicaciones/margina2005/AnexoA.pdf>

12 “Los recursos existentes en su patrimonio para contribuir al fomento de la inversión nacional y extranjera por medio del establecimiento de plantas productivas en el sector industrial, comercio, servicios y turismo, con el propósito de generar empleos permanentes...” (Marcha hacia el sur: 2) Recibiendo -según datos oficiales- en promedio 616,21 millones de pesos del 2001 al 2004. Pero a partir de junio de 2006 se procedió a finiquitar el programa, y para el 2007 los resultados del PMHS quedaron ventilados, dejando al descubierto, según los datos de la Procuraduría General de la República (PGR) que el programa había sido objeto de movimientos fraudulentos, concluyendo que la cantidad malversada ascendía a 211 millones de pesos. (El Universal: 2007)

Naturales, Turismo Sustentable, Facilitación Comercial, Interconexión Vial, Interconexión Energética y Telecomunicaciones.

Desde Puebla hasta Panamá, el agua, el gas natural, el petróleo, la biodiversidad; todo esto y más, convierten a la región del PPP en una zona estratégica en lo geopolítico, geoeconómico y militar, vinculando entre sí el TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte) y el ALCA (Área de Libre Comercio de las Américas). Fazio apunta que ASPAN (Alianza para la Seguridad y la Prosperidad de América del Norte) es parte del reforzamiento de la seguridad como parte de la disputa del territorio, adoptando de alguna forma el modelo colombiano en el Plan México<sup>13</sup>, dando pie a la mercenarización y paramilitarización para afrontar los conflictos internos, propiciando a su vez las condiciones para la privatización del agua, la energía y en general la biodiversidad que se acompaña del paramilitarismo, en función del resguardo de las futuras inversiones, generando para esto, programas de limpieza social para que no exista protesta alguna en la región; sumándole a todo lo anterior, la innovación de los recursos de control social que desembocan en la legitimización de la privatización, desigualdad y exclusión social.

### Agua, Desarrollo y conflicto

Se estima que alrededor de 1, 340 millones de kilómetros cúbicos es el volumen total que de agua en el planeta, pero sólo el 3% corresponde al agua dulce, distribuidos a su vez en glaciares, el 1% puede encontrarse a grandes profundidades casi imposibles de obtener. Podemos hacer mención que los países más importantes por sus recursos en agua son Brasil, Canadá, China, Indonesia, Alaska, India, Zaire, Colombia. México es de los países que cuenta con el suficiente recurso hidráulico (Tortolero: 2000).

En 1992 el Consejo de Seguridad de la ONU manifestó su interés por la articulación que

13 <http://www.jornada.unam.mx/2007/10/22/index.php?section=opinion&article=023a2pol>

existe entre seguridad y medio ambiente al afirmar que las *causas no militares de inestabilidad en las esferas económicas, social, humanitaria y ecológica se han convertido en amenazas a la paz y la seguridad*. En este caso la preocupación que se sostiene alrededor del agua es latente debido a –por ejemplo- que “Más de 45 mil grandes represas se han construido en todo el mundo represando más la mitad de los ríos del planeta que han quedado fragmentados. Más de 80 millones de personas han sido desplazadas de sus tierras.” (Castro: 2004) hay organizaciones que se están movilizandó –por ejemplo en Latinoamérica- a favor no sólo de la protección del recurso en términos ambientalistas y de desarrollo sustentable sino también a favor de la protección de las poblaciones<sup>14</sup> que se encuentran bajo el acecho de las transnacionales que quieren privatizar el agua en todas sus modalidades, tal es el caso de las empresas Mosanto y Bechtel apoyadas por el FMI y el BM que tienen en la mira privatizar el agua en Bolivia, México y la India.

En América Latina y el Caribe existen 64,000 kilómetros de litorales abarcando así 16 millones de kilómetros cuadrados de acuerdo al informe de la United Nations Environment Programme (2003). Tan sólo México cuenta con 11 mil

---

14 Tan sólo la Red Latinoamericana contra Represas y por los Ríos, sus comunidades y el agua (conformada des 1999) registra las siguientes Organizaciones como parte de esa lucha en defensa del agua y la vida: FUNPROCOOP-MONARES(CORAF CIMARRON)- El Salvador , RED ALFORJA-El Salvador , CEIBA-Amigos de la tierra Guatemala , Movimiento de Resistencia 15 de Septiembre San Rafael, San Marcos-Guatemala , Frente Guatemalteco de Afectados y Amenazados por las Represas, FGAARDA, Guatemala, Comisión de Seguimiento a la Consulta Comunitaria, Ixcán, Guatemala ,Comisión Pastoral Paz y Ecología, San Marcos, Guatemala, OFRANEH- PUEBLO Defensa Río Patuca - Pueblo MISKITO- Honduras, Otros Mundos A.C / MAPDER- México, MAPDER / Centro de Derechos Humanos Tepeyac- México, MAPDER/ Comité Salvemos Temaca, Acasico y Palmarejo-México, MAPDER/ IMDEC, A. C.-México, Convergencia de Movimientos de los Pueblos de las Américas, COMPA. Etc.

kilómetros de litorales, y con aproximadamente cuarenta y tres ríos importantes.

El sureste mexicano concentra el 30% del agua dulce del país, siendo el río Grijalva y Usumacinta de mayor afluencia, considerando al Usumacinta un río internacional por ser parte de la frontera con Guatemala, además de ser el sexto río más largo de Latinoamérica y el que se encarga de conectar a los países que conforman la región de Mesoamérica. Por ser un río caudaloso, con alrededor de 75,000 millones de metros cúbicos de agua al año (Borrego: 1992) se contempló la construcción de una hidroeléctrica con la capacidad de generar 3,978 MW.<sup>15</sup>

Dentro de los límites de la República Mexicana el PPP asimila el territorio del Sur Sureste, conformado por cerca de 502, 738 kilómetros cuadrados (Castro: 2001) custodiado por el Golfo de México y el Océano Pacífico. La variedad de ecosistemas, culturas, lenguas, orografía, clima, hidrografía, recursos naturales, la hacen un territorio invaluable sumando los recursos naturales como petróleo, uranio, gas natural, azufre y agua. En este último rubro Chiapas representa el mayor generador de energía con sus tres presas: Angostura, Chicoasén y Mal Paso, las cuales producen alrededor de 45% de la energía hidroeléctrica de México y se pretenden generar más de 70 presas hidroeléctricas en la entidad desde hace años (Castro: 2001).

Los proyectos hidroeléctricos dentro del Plan Puebla-Panamá y el Área de Libre Comercio de las Américas tienen como razón de ser el controlar la energía eléctrica<sup>16</sup> Dentro de los grandes planes a desarrollar en el Plan Puebla Panamá se contemplaba la construcción de la mega infraestructura binacional Boca del Cerro Proyecto existente desde los 60's pero es, cuarenta años después, cuando retoma fuerzas, pero debido a las insistentes opiniones de

---

15 [http://chiapas.indymedia.org/display.php3?article\\_id=103552](http://chiapas.indymedia.org/display.php3?article_id=103552)

16 <http://www.agua.org.mx/content/view/847/114/>

científicos, intelectuales, organizaciones no gubernamentales, medioambientalistas y sociedad civil<sup>17</sup> quienes buscaron amparo internacional para que el proyecto fuera suspendido, sin embargo la búsqueda incesante de la explotación de los recursos con fines comerciales y de supuesto desarrollo económico se impone en los proyectos, sin quitar el dedo del renglón el plan se modificó minimizando la altura de las cortinas –no mayores a 50 metros- y distribuyendo la infraestructura sobre el Lacantún, Ixcán, Xactbal, Chixoy o Salinas y de La Pasión.<sup>18</sup>

La Comisión Internacional de Grandes Represas conocida por sus siglas en inglés como ICOLD, ha considerado conveniente apuntar que las medidas de las represas denominadas grandes pueden ser de 15 ó más metros desde la fundación hasta la cima. En el caso las estructuras que se encuentran alrededor de los 150 metros, son consideradas represas mayores, estas pueden almacenar 25 kilómetros cúbicos y son capaces de generar 1.000 megavatios. Es preocupante pensar que la infraestructura a desarrollar esta enfocada a represas mayores de 15 metros y esto las convierte en grandes infraestructuras con costes medioambientales y sociales de alto impacto.

El SIEPAC es considerado como el proyecto pionero del PPP<sup>19</sup> sin embargo en los primeros estudios de factibilidad realizados ponían en duda la legitimidad de dicha estrategia de interconexión como lo demuestra el estudio de

17 Ver: "ecocide in Usumacinta" march 30, 2003-Tabasco Hoy

<http://www.gomaya.com/glyph/archives/000373.html#000373>, New York Times, Mexico Weighs Electricity Against History, By TIM WEINER, septiembre 22 2002

<http://www.nytimes.com/2002/09/22/world/mexico-weighs-electricity-against-history.html>

18 Tabasco HOY Por Miguel Avendaño-Murillo Alto Usumacinta, Guatemala , 27 de enero de 2003

19En Términos de referencia sobre impactos transfronterizos y regionales del proyecto SIEPAC (línea de transmisión América Central) [http://www.eprsiepac.com/pdf/052-079\\_terminos.pdf](http://www.eprsiepac.com/pdf/052-079_terminos.pdf) pág. 7

Evaluación de Impacto Ambiental de 1997 recomendando que el proyecto SIEPAC se relacionara claramente con los principales objetivos del PPP,<sup>20</sup> pidiendo que en el estudio de EIA se justificara la existencia del corredor elegido, que no sólo se tratara los criterios técnico-económicos y que se tuviera en cuenta también aspectos socioeconómicos (incluido los grupos indígenas), desarrollo regional y condiciones transfronterizas de los países que conformaban la región del SIEPAC.<sup>21</sup>

El SIEPAC -proyecto que reúne apoyo extranjero de Estados Unidos, Holanda, España, Portugal, Japón, Reino Unido- esta planificado para ser el encargado de impulsar y consolidar, legal, institucional, técnica y de infraestructura el Mercado de Energía Regional MER por medio de la Empresa Propietaria de la Red EPR, encargada de realizar la obra que permitirá –según lo planeado- la interconexión eléctrica de la región por medio de la línea de transmisión regional, proyectando para el 2010 completar la obra de la infraestructura del SIEPAC incluyendo las interconexiones Guatemala-México con 103 km de longitud financiado por la CFE comisión federal de Electricidad y el BID a través de un préstamo otorgado a Guatemala<sup>22</sup>, así como el tramo Panamá-Colombia<sup>23</sup>

20Números 1.2 y 1.10 de Plan puebla panamá-propuesta preliminar de proyectos, san salvador 30 de mayo de 2001 citado en [http://www.eprsiepac.com/pdf/052-079\\_terminos.pdf](http://www.eprsiepac.com/pdf/052-079_terminos.pdf) pág.10

21 [http://www.eprsiepac.com/pdf/052-079\\_terminos.pdf](http://www.eprsiepac.com/pdf/052-079_terminos.pdf) pág. 11

22 En la página del Banco Interamericano de Desarrollo sólo se puede observar el número del proyecto GU0171 y el número de operación 1470/OC-GU con fecha de aprobación del 6 de agosto de 2003, por concepto de Interconexión Eléctrica entre Guatemala y México en la actualidad se encuentra en la fase tres –de cuatro- que corresponde a la implementación. Ver <http://www.iadb.org/projects/project.cfm?id=GU0171&lang=es>

23 Informe ejecutivo 2008-2009 comisión ejecutiva del proyecto Mesoamérica- Guanacaste, costa rica, 29 julio 2009 pág. 8. Ver:

La cantidad total del proyecto se estimó en 370 millones de dólares,<sup>24</sup> el 90% de la inversión ha estado a cargo del BID, quien a través de doce contratos –dos por cada empresa- concedió doscientos cuarenta millones de dólares para la realización de la infraestructura del sistema de conexión en Centroamérica.

Por parte del Banco Centroamericano de Integración económica BCIE consciente el préstamo de cuarenta millones de dólares a la EPR<sup>25</sup> Empresa Propietaria de la Red, conformada por las compañías eléctricas de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, España a través de la empresa ENDESA Internacional y el Grupo Empresarial Isa de Colombia, fue constituida con el fin de diseñar, construir y explotar el Sistema de Interconexión Eléctrica para los Países de América Central planeado para interconectar los 300mw –en su primera etapa- a la región a través de los 1800 kilómetros de línea de transmisión.<sup>26</sup> Divididos en dos lotes para ejecutar la orden de construcción de la línea de transmisión de la región SIEPAC, el lote I conformado por Guatemala, Honduras y El Salvador, correspondiéndole a Techint el costo de US\$108 millones, La construcción del lote II (Nicaragua, Costa Rica y Panamá) le corresponde a ABENGOA-INABENSA, la obra es estimada en USD\$115 millones.<sup>27</sup>

En el caso de los conflictos ambientales desprendidos del SIEPAC el estudio de impacto ambiental que realiza la empresa “soluziona” contratada por la misma EPR para evaluar el

<http://portal2.sre.gob.mx/mesoamerica/dmdocuments/Informe%20PM%2021%20jul%201700%20hrs.pdf>  
24

[http://www.eprsiepac.com/inversiones\\_siepac\\_transmision\\_costa\\_rica.htm](http://www.eprsiepac.com/inversiones_siepac_transmision_costa_rica.htm)  
25

[http://www.eprsiepac.com/inversiones\\_siepac\\_transmision\\_costa\\_rica.htm](http://www.eprsiepac.com/inversiones_siepac_transmision_costa_rica.htm)  
26

[http://www.eprsiepac.com/descripcion\\_siepac\\_transmision\\_costa\\_rica.htm](http://www.eprsiepac.com/descripcion_siepac_transmision_costa_rica.htm)  
27

[http://www.eprsiepac.com/lote\\_siepac\\_transmision\\_costa\\_rica.htm](http://www.eprsiepac.com/lote_siepac_transmision_costa_rica.htm)

impacto ambiental, social y económico que tiene sobre la región la realización de las obras de interconexión, clasificando la mayoría como moderados.

El suelo, la vegetación, el aire, el hábitat de los animales, los ecosistemas, la vida de los pobladores de la región sufren cambios importantes antes (apertura de caminos para penetrar la zona, excavaciones la cual afecta la calidad del agua por la sedimentación,<sup>28</sup>) durante (construcción de infraestructura de servicios. Oficinas temporales, almacenes<sup>29</sup> y montaje de estructuras: izado de torres, tirado del cableado) y después, que corresponde a la fase de operación (habilitación del sistema de transmisión energética y el mantenimiento periódico de la misma).

Se ven impactados desde el instante en que se abren los caminos, a lo largo de 90 kilómetros<sup>30</sup> (lo que corresponde la ruta I) se modifica el suelo y se le vuelve vulnerable a través de la remoción de la vegetación y la capa que lo protege,<sup>31</sup> así como la tala de árboles<sup>32</sup>, las instalaciones eléctricas en las zonas rurales impactan en el cambio del uso del suelo, calificándolo como negativo de baja intensidad.<sup>33</sup> El impacto del aire corresponde a la emisión de ozono y óxidos de nitrógeno del que son responsables el cableado de conducción

28

<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tra mos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf> pág.28  
29

<http://www.inabensa.com/1stReferencias.php?codLineaNegocio=1&refOpcion=opc34&codIdioma=1> Pág. 2  
30 Ver:

<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tra mos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf> Pág. 10  
31

<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tra mos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf> pág.18  
32

<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tra mos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf> pág. 29  
33 Ver

<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tra mos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf>, pág. 18

eléctrica y los transformadores de energía, así como la contaminación del agua subterránea en el proceso de construcción debido a los líquidos derramados por maquinaria y vehículos pesados.<sup>34</sup>

En cuanto al impacto social se menciona que -en el caso Guatemala, Ruta I- se actúa conforme a la legislación Guatemalteca, en el tirado de servidumbre, pero efectivamente, no se contempla la reubicación o reasentamiento de poblaciones o comunidades indígenas.<sup>35</sup> Lo que se denomina impacto cultural sucede cuando se realizan las excavaciones y que a través de la maquinaria pesada *fortuitamente* se topan con hallazgos arqueológicos. Esto se evalúa a su vez como deterioro del patrimonio cultural<sup>36</sup>

El desarrollo consiste en la experimentación de una serie de procesos de mejoramiento o perfeccionamiento que les permiten, en el tiempo, alcanzar las situaciones materiales y espirituales de bienestar a las que quieren llegar.<sup>37</sup> El *deber ser* del desarrollo podría traducirse en el logro de una sociedad al alcanzar determinado grado de bienestar en cuanto a la salud, educación, alimentos, seguridad, oportunidades de desarrollo personal y social. Pero en la cotidianeidad existe una contraposición con la idea *globalizada* de que el desarrollo se hace presente a través del capital, crecimiento de grandes urbes, muchas veces mal planeadas y las cuantiosas infraestructuras, incluso realizadas a costa de la misma naturaleza y grupos sociales. Lo único que obtenemos como

resultado de la combinación de soberbia más ambición desmedida es un incesante sufrimiento, deterioro medioambiental y social como parte de una constante violencia a través de la sobre explotación (de gente y recursos naturales).

Por tal motivo y tomando la idea de Galtung podemos agregar que las disputas surgen cuando hay uno o varios objetivos incompatibles y mutuamente excluyentes entre dos o más actores, ya sean grupos o Estados (Galtung: 2003). A través de los conflictos también se puede apreciar la distribución del poder y los mecanismos de cambio, a su vez de que es importante analizar las contradicciones entre intereses, objetivos, direcciones, necesidades, percepciones y las relaciones asimétricas o simétricas existentes, así como los multifactores que propician la tensión y el contrapunteo entre los actores.

Así mismo podemos extraer de la teoría del riesgo el hecho de que los conflictos sobre la distribución de los “males” se superponen a los conflictos sobre la distribución de los “bienes” que constituyeron el conflicto básico de la sociedad industrial y se intentaron solucionar en las instituciones relevantes... los conflicto sobre la distribución de los males puede interpretarse como conflicto sobre la responsabilidad distributiva. Surgen entorno a la distribución, prevención, control y legitimación de los riesgos que acompañan a la producción de bienes (Lujan y López: 2000).

Entendiéndola a través de la relación asimétrica-Estado-capital-sociedad civil, donde en una primera etapa el capital se contrapone con el estado, el capital comienza a controlar la actividad económica a través de la privatización, contrariamente, cuando el estado toma las riendas el capital pasa a segundo plano y la sociedad civil puede permanecer en un margen aceptable donde sus necesidades básicas están cubiertas, en contra posición de cuando el estado es minimizado, prácticamente nulificado por el capital privado, esta tiende a sufrir un incremento de la miseria e insatisfacción de las necesidades básicas de la población, lo que

34<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/ramos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf> pág. 28

35 Ver <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/ramos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf>, pág., 19

36 <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/ramos/Ruta%20I/08%20Impactos%20-%20Ruta%20I.pdf> pág. 387, 405

37 Monterroso Salvatierra Neptalí ver: <http://www.congcoop.org.gt/design/contentupload/Territorios%202.pdf>

conlleva a vivir sumergido en una constante violencia estructural.

En esta distribución de los males a favor de la continuidad del desarrollo, la sociedad civil es quien se lleva la mayor parte. Lo que trae consigo una polarización en la sociedad donde unos cuantos obtienen solvencia económica a costa de muchos, haciendo visible en la desigualdad social, regional y una fuerte predisposición a la militarización.

Al entrelazar estas ideas (riesgo y conflicto) podemos tener una visión más amplia de toda una escalada de conflictos que se desprenden de un choque de intereses, objetivos entre estados, ideologías, prácticas, capitales, bienes, necesidades sociales y hasta medioambientales, esto último de gran impacto a corto y mediano plazo en lo social, incluso a nivel mundial. Percibido también por la teoría del riesgo, pues esta concluye que en la distribución de los males, las personas de escasos recursos son las que sufren más el impacto de los peligros.

Bajo esta lógica donde el agua deja de ser un bien común para convertirse en un bien económico, suprimiendo la idea “El agua es patrimonio de la naturaleza y pertenece a todos los seres vivos”, el derecho al agua esta en riesgo debido a la privatización.<sup>38</sup> Por tal motivo el factor agua en el marco del PPP como recurso económicamente estratégico juega un papel preponderante, dentro de los asuntos de seguridad regional y hasta continental debido a la preocupante privatización -con recursos técnicos y financieros, en su mayoría extranjeros- de los recursos naturales, en este caso, el agua como medio estratégico para interconectar una región que sólo es parte del engranaje de mega proyecto continental que comienza con el North American Water and Power Alliance NAWAPA, rodeando a México a

través del PHLINO y el PLHIGON proyectos concebidos desde los 70's.

El Plan Hidráulico del Noreste por el océano pacifico cubriría Sonora, Sinaloa y Nayarit. Por el Golfo de México través de Tamaulipas, Veracruz y Tabasco el Plan Hidráulico del Noroeste PLHIGON, siendo el Usumacinta el vinculo con Centro América por medio del Plan Puebla Panamá como parte del SIEPAC y se consolida al ensamblarse por ultimo a la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de Suramérica IIRSA (Robinson: 2005, Delgado: 2006) Emergiendo los planes intervencionistas, Plan Dignidad, Plan Colombia y Plan Puebla Panamá como modelo de coerción para controlar los recursos naturales, aunados a ellos los planes segmentados como la militarización y privatizaciones en el sur de Argentina, el Iguazú, las represas en Centroamérica y la focalización de los ríos que faciliten la interconexión eléctrica entre Colombia y Panamá pasando por el Darién (Salazar:2005)<sup>39</sup> interconectando energéticamente un total de 2 millones de kilómetros cuadrados de Centroamérica a Colombia.

La proyección de estos monumentales planes deja en una alta vulnerabilidad el equilibrio ecológico y la vida humana, entre la fragmentación o desaparición de las comunidades, la destrucción de los ecosistemas, el endeudamiento de los países y la militarización de los territorios, la visión “benéfica” de desarrollo sucumbé, poniéndolo en jaque debido a la rápida erosión de la base de recursos naturales, no sólo haciendo de la vida actual peligrosa, sino limitan la posibilidad de salir de la trampa de la pobreza (Hussain:1996; 244).

Es urgente tomar conciencia de ello, la riqueza de los pueblos en cuanto a recursos naturales se vuelve un pesado yugo de interminable despojo y marginación.

---

38 GraBl Hartmut, Hupfer Peter, Lozan José, Menzel Lucas, Schönwiese Chirstian-D, *Change global, enough water for all?*, Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit Geo, Hamburg, Germany, 2007.Pág. 7

---

39 Ver: <http://www.nodo50.org/tortuga/La-Nueva-Guerra-y-los-recursos>

Las zonas que están bañadas por ricos caudales - dentro de Latinoamérica- son por lo regular los más pobres de la región, se tiene registrado un total de 58 cuencas transfronterizas. Ejemplifiquemos el área del PPP dentro de Centroamérica. En el caso de la ubicación de la presa Xalalá sobre el río Chixoy y que su construcción inundaría comunidades que se encuentran entre los departamentos de Alta Verapaz y el Quiché, en el primero –de acuerdo a datos del Instituto Nacional de Estadísticas en Guatemala- 78% de su población es pobre mientras que en el Quiché el porcentaje se eleva a 81% con un 98% de población indígena.

Dentro del proyecto de integración mesoamericano Xalalá y Xacbal – en Guatemala- son las dos infraestructuras importantes que se espera comiencen a funcionar entre finales de este año y principios de 2010, cabe mencionar que la hidroeléctrica Xacbal fue apoyado por el consorcio israelí Solel Boneh para su consolidación desde que fuera anunciada en el 2007, junto con el Royal Bank, Merchant Bank, GTC Bank de Panamá, BCIE y la compañía holandesa para el financiamiento del desarrollo (Quinto: 2007)<sup>40</sup>

Esto se convierte en una preocupación latente debido a que, para muchos de sus pobladores aun no terminan de cicatrizar las heridas que quedan en la memoria. En los 80's tuvieron que huir hacia México o internarse en la selva pues se encontraban entre los fuegos de la guerrilla, los paramilitares y las fuerzas militares del gobierno.

La creación de las infraestructuras hidroeléctricas lejos de impulsarlas a mejorar sus vidas les obliga a desplazarse forzosamente, abriendo heridas sobre heridas... significa revivir -20 años después- el dolor de quedarse de nuevo sin hogar, sin tierras, sin vida alguna

---

40 Ricardo quinto, el periódico de Guatemala, 2 de mayo de 2007 invertirán us\$182 millones en la hidroeléctrica Xacbal  
<http://www.elperiodico.com.gt/es/20070502/actualidad/39199/>

debido a las acciones violentas de la *tierra arrasada*, ahora son obligados a re-vivirlo por la usurpación de sus espacios a través de las empresas transnacionales en pro del desarrollo.

Tal es la falta de memoria histórica, la nula capacidad de reconocimiento del semejante, la incapacidad de ver las necesidades del otro, lejos de todo fin utilitarista, hacen que declaraciones como las expresadas por Carmen Urizar ex ministra de energía y minas deje más que claro la posición de algunos funcionarios al negarles garantías mínimas a las comunidades afectadas, promoviendo la continuidad de la violencia estructural y una visible reproducción de la intolerancia: “Es lamentable la resistencia que hacen las comunidades por desconocimiento o ignorancia, ahí es donde debe actuar el Gobierno para evitar una posible paralización del desarrollo”<sup>41</sup>

### **Defender la vida, construir la paz**

El grado de militarización, los diferentes tipos de violencia como la estructural, violencia étnica, violencia de género, institucionalización política, cultura política, todos ellos en conjunto evidencian el grado de violencia en los que estamos sumergidos en la vida diaria, son más que factores para la medición y sistematización en la obtención de rankees de violencia y sus costos.

La agresión que más prevalece sobre la zona del PPP es la violencia estructural. No se le puede entender sólo a través de los índices de Desarrollo Humano, porque la extrema pobreza subyuga al ser hasta vivir en condiciones inhumanas. No se mide -sino se vive- en familias sin hogar, en falta de oportunidades para crecer académica, profesional o incluso de forma personal, en lágrimas, en injusticias, en la falta de respeto a sus *modus vivendis*; porque se les arrancan sus tierras y conocimientos, agotan sus reservas selváticas y acuíferas, se apoderan de sus fuerzas soportando la ausencia de sus hijos e hijas que emigran y, encima de todo, se les

---

41 Antonio Ordoñez, 11 septiembre 2008, <http://www.prensalibre.com/pl/2008/septiembre/11/263095.html>

obliga a afrontar la vida sin los medios básicos para sobrevivir y en la lucha diaria por subsistir. Agreguemos a esto los 36 años de conflicto en los que vivió sumergido Guatemala que dieron como resultado 1112 masacres: Chixoy, las dos erres en el Peten, Rio Negro, Tululché, entre otras,<sup>42</sup> contabilizando aproximadamente 7988 víctimas entre 1965 y 1995<sup>43</sup>; y ahora en el siglo XXI por la nueva conquista de su hábitat a través de la privatización de sus tierras, agua y conocimientos ancestrales.

En el caso de que nos atreviéramos a tomar en cuenta para nuestro análisis las características que la ONU pone sobre la mesa y que conllevan a alcanzar la seguridad, el desarrollo y por supuesto el respeto a los derechos humanos como parte de esa construcción de la paz y la libertad<sup>44</sup> de inmediato saltamos de nuestros asientos, pues es evidente que Guatemala aún no logra reconstruirse, rehabilitarse y reestructurarse del todo, después de los conflictos de finales de los setentas y principios de los ochentas, donde la estrategia de la tierra arrasada dejó sin hogar, sin familia y sin vida digna a miles de personas que aún en este siglo XXI continúan luchando y esperando por que se les haga justicia. Los indicadores dan a conocer que en Guatemala existe 98% de impunidad.

En medio de esta vorágine de lucha en contra de las represas e impunidad en la que sobreviven, Chixoy es una historia latente entre las venas, la piel y la memoria. Mckinnon apunta que: “escuchado a los K'ekchi miembros de la Comunidad describen cómo no quieren que sus vidas y tierras sean afectadas en la misma manera que las personas pobres de Río Negro y

otras aldeas fueron afectados por la represa Chixoy.”<sup>45</sup>

La Comisión Interamericana de Derechos Humanos el pasado 7 de junio de 2009 manifestó que tan sólo en Guatemala se han autorizado 88 concesiones para presas sobre territorio indígena, esto se dio a conocer en la Reunión Regional de Centroamérica sobre el deber de la protección del derecho de propiedad de los pueblos indígenas en el sistema Interamericano de Derechos Humanos.<sup>46</sup> Naturaleza, cultura, pueblos y vida continúan viéndose amenazados, situándolos al borde del precipicio incluso como humanidad en este conflicto *socioecológico*, pues ahora la naturaleza es la que sufre violencia a través de la contaminación y sobreexplotación.

Galtung enfatiza que esto se debe a la falta de respeto por la naturaleza ubicando al hombre por encima de ella.<sup>47</sup> A mediano y corto plazo sin duda, nosotros mismos sufriremos los resultados de tales actos de hostilidad en contra de nuestro entorno. Galtung formula la idea de que este afán de producir bienes y servicios provoca enormes costo de modernización en la naturaleza, el espíritu humano, la estructura mundial social y la cultura en general.<sup>48</sup> En esta lucha por el desarrollo a costa del medio ambiente se encuentra *desdibuja* un posible camino hacia una paz positiva, esa paz que está conformada por la justicia social, la igualdad de oportunidades, la protección igualitaria y la

<sup>42</sup> Sichar Moreno Gonzalo, Masacre en Guatemala, los gritos de un pueblo entero, Guatemala, 2000 <http://www.gam.org.gt/public/publi/pdf/MASACRES enGUATEMALA.pdf>

<sup>43</sup> [http://www.amnestyusa.org/spanish/paises/guatemala/a/acciones/acuerdos\\_de\\_paz/guatemala\\_massacres.pdf](http://www.amnestyusa.org/spanish/paises/guatemala/a/acciones/acuerdos_de_paz/guatemala_massacres.pdf)

<sup>44</sup> Explorando conceptos: Seguridad humana y construcción de la paz Instituto de Estudios sobre Conflictos y Acción Humanitaria Institute of Studies on Conflicts and Humanitarian Action, noviembre, Madrid, 2008. [www.fride.org](http://www.fride.org)

<sup>45</sup> Chixoy a mirror for Xalalá <http://www.advocacy.net.org/blogs/index.php/2009/03/02/chixoy-a-mirror-for-xalala?blog=109>

<sup>46</sup> Galtung, Johan, Traducción del inglés por María Anabel Cañón. Polylog. Foro para filosofía intercultural (2004) Online: <http://them.polylog.org/5/fgj-es.htm>

<sup>47</sup> Galtung, Johan, Traducción del inglés por María Anabel Cañón. Polylog. Foro para filosofía intercultural (2004) Online: <http://them.polylog.org/5/fgj-es.htm>

<sup>48</sup> Galtung, Johan, Traducción del inglés por María Anabel Cañón. Polylog. Foro para filosofía intercultural (2004) Online: <http://them.polylog.org/5/fgj-es.htm>

aplicación imparcial de la ley.<sup>49</sup> En este dilema sobrecargado de una historia de violencia estructural y directa desembocando en un claro genocidio, Amnistía internacional había insistido a las instituciones financieras como el Banco Interamericano y el Banco Mundial desde el año 2000, en que era necesario que impulsaran, a través de la consulta a la sociedad civil, sobre los proyectos que se pretendían implementar para propiciar y garantizar el derecho a la libertad de expresión; así mismo, de forma paradójicamente esperanzadora, dejaba la tarea a estos organismos de alentar al gobierno para que se respetasen los derechos humanos en Guatemala.<sup>50</sup>

De forma irónica los proyectos financiados por el Banco Mundial y El Banco Interamericano de Desarrollo, han promovido los desplazamientos forzosos con motivo de los proyectos hidroeléctricos que vuelven a dejar al borde de la desesperanza a miles de familias que aún no se recuperan del trauma que sufrieron durante tres décadas, y que siguen esperando justicia. Luchan a favor de la vida, en su espacio, en su territorio milenario, donde continúa debatiéndose el valor de la existencia y la muerte dentro del escenario de una paz imposible, pero que al final de cuentas, paso a paso tratan de edificar su paz, la paz que les permita no sólo rescatarse y reconstruirse como pueblos, sino para rehabilitar su entorno desde los ríos, la tierra y los árboles para que su hogar vuelva a albergar todo tipo de vida, suprimiendo de una vez por todas la posibilidad de extinción de etnias, vida silvestre y animal.

Dentro del Pacto Internacional de las Naciones Unidas de los Derechos Civiles y Políticos se

menciona en su artículo 1 sección 2 que un pueblo no puede ser privado de su propia manera de subsistencia. Contraponiéndose a lo vivido por millones de desplazados en los últimos 60 años a nivel mundial por la construcción de las represas, así pues las transnacionales, con una inversión mínima en comparación a los recursos invaluable de los que se poseen, dejan un saldo de contaminación y destrucción del medio ambiente y un empeoramiento de las condiciones económicas y de salud de las poblaciones afectadas directa o indirectamente por su accionar (Cifuentes:2006)<sup>51</sup> teniendo como consecuencia la violación del principio número 12 de la Declaración de Principios de los Derechos indígenas en el marco de la Asamblea General del Consejo Mundial sobre Pueblos Indígenas refiriéndose a que “ningún proceso de conducta puede emprenderse directa o indirectamente y que pueda resultar en la destrucción de la tierra, aire, hielo del mar, fauna, hábitat o recursos naturales sin el libre e informado consentimiento de los pueblos indígenas afectados.”<sup>52</sup> Concatenándose con el artículo 15 del convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo donde se exhorta a proteger derechos de los pueblos a participar en la utilización, administración y conservación de los recursos dentro de su tierra y en dado caso que le pertenezca al estado este tendrá que consultar a los pueblos y tomar medidas necesarias de protección así como de ser necesaria el otorgamiento de indemnizaciones.(Gómez: 1995;87-88)<sup>53</sup> Lamentablemente las leyes sólo quedan impresas en los convenios pero no han logrado aún trascender del todo a la realidad.

<sup>49</sup> Johan Galtung, ¿Hay alternativas? Cuatro caminos hacia la paz y la seguridad, Madrid: Tecnos, 1984

<sup>50</sup> El legado mortal de Guatemala El pasado impune y las nuevas violaciones de derechos humanos, Amnistía Internacional, apartado: Recomendaciones a las instituciones financieras internacionales y a las corporaciones multinacionales con operaciones en Guatemala, ver:

[http://www.amnestyusa.org/spanish/paises/guatemala/el\\_legado\\_mortal.pdf](http://www.amnestyusa.org/spanish/paises/guatemala/el_legado_mortal.pdf)

<sup>51</sup> Cifuentes Villaruel Ricardo, Transnacionales, saqueo de recursos y conflicto ambiental en Latinoamérica, 2006, ver: <http://rcci.net/globalizacion/2006/fg633.htm>

<sup>52</sup> Getches H. David, Derecho de los pueblos Indígenas al agua y Normas internacionales en: <http://www.agua.org.mx/content/view/1184/141/>

<sup>53</sup> Gómez Magdalena, Derechos Indígenas: lectura comentada del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo, Instituto Nacional Indigenista, México, 1995.

El PPP –por ejemplo- le da continuidad a la formula compuesta por; financiamiento al desarrollo más inversión extranjera directa, dando como resultado un nulo desarrollo social, con políticas de imposición y no diálogo (violando los derechos humanos, económicos, sociales y culturales), contribuyendo al saqueo de recursos naturales, culturales y de conocimientos haciendo que la paz, en estas condiciones, sea imposible para los pueblos indígenas (Sandoval: 2001), bajo este contexto las zonas propensas a proyectos hidroeléctricos quedan expuestas a ser militarizadas bajo la causa aparente de “seguridad”, junto a esta alerta, en la reunión de la Red latinoamericana contra represas y por los ríos, sus comunidades y el agua efectuada en el 2002, se enumera otras advertencias debido a la construcción de represas como el daño irreversible a los ecosistemas, la contribución al agotamiento del agua dulce en el planeta, sin contar el repudio en contra de la violencia de la que son objetos los miles de desplazados por estas mega construcciones, así como las agresiones, que sufren los dirigentes y los activistas “anti represas”<sup>54</sup>. Por tal motivo la preocupación a todos los riesgos de conflictos latentes nos dicen que “...Hace falta reflotar las condiciones de vida y de trabajo de la población incluida en el PPP, agobiados por la siniestra combinación de políticas neoliberales, desastres naturales y conflictos sociales armados” (Álvarez: 2002), así mismo la declaración de Jaltipan, Veracruz, realizada en Septiembre 2001 por parte de organizaciones campesinas rechazando el plan por no resguardar sus necesidades y derechos de sus pueblos y comunidades, exigiendo un plan que tenga en cuenta un desarrollo rural sustentable, justo y equitativo, es así que la resistencia existente en la zona del PPP es parte de la defensa de “una dinámica de cambio propia” (Camarena y Valdez: S/F).

Como parte de las acciones de resistencia pacífica y activa contra el PPP está la Declaración de Tapachula en mayo del 2001 -

---

54 Ver documento en: <http://www.ciepac.org/archivo/analysis/decposadas.htm>

donde se rechazó la colonización salvaje del PPP- y la Declaración de Xelajú en noviembre del 2001 en Quetzaltenango Guatemala (Álvarez: 2002). Por lo mismo Gian Carlo Delgado le sigue apostando a la concientización de “El pueblo mesoamericano –pues este- tiene claro que los múltiples proyectos del PPP u otras de sus modalidades sólo van a operar donde las comunidades no se organicen y luchen; claro está, como parte de la pelea de la sociedad en general”. La masacre de Chixoy en Guatemala es el ejemplo de la resistencia de los pueblos afectados. Es así como la resistencia contra este plan de desarrollo (PPP) ya no es sólo regional pues pasó a tener un impacto global a raíz del Foro Social de Sevilla realizado en junio del 2002 en el que se evidenció la neo colonización Latinoamérica a través de los proyectos como el ALCA, el PPP y el Plan Colombia.<sup>55</sup>

De igual forma en Managua Nicaragua el mensaje del Foro mesoamericano realizado en junio del 2002, el lema central fue “Frente al Plan Puebla Panamá globalicemos la solidaridad” Lo fuertemente discutible del PPP ha sido su falta de consenso social. Los puntos comunes de rechazo ante el *plan* convergen en el poco conocimiento que se tienen de las estrategias de desarrollo en la región, la falta de consulta a la población, el uso del agua, la biodiversidad, la arbitrariedad en cuanto a la infraestructura carretera e interconexiones eléctricas, la ocupación militar, anteponen el despliegue de infraestructura para alentar la inversión transnacional sin poner atención a las asimetrías de poder y a las desigualdades por la esencia misma del proyecto: Abrir, regular y privatizar.

El 26 de julio de 2008 en Colombia dentro de la declaración de Lorica de la Red Latinoamericana contra represas se deja escuchar la voz con un rotundo No, No al PPP, No a la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional para Suramérica - IIRSA-, NO al Plan Colombia, NO a los Tratados de Libre Comercio (TLC) y NO a

---

55 Ver texto completo de Ana Pohlenz De Tavira en: [http://www.ciepac.org/archivo/otras%20temas/9polens.htm#\\_ftn1](http://www.ciepac.org/archivo/otras%20temas/9polens.htm#_ftn1)

otros acuerdos multilaterales<sup>56</sup>. Con la declaración de Lorica en Colombia se entabla una vez más la lucha y el compromiso a favor del resguardo de la vida... una vida digna y equilibrada que incluye a humanos, plantas, animales, el planeta en si mismo.

Ahora más que nunca urge formar parte de ese compromiso que plantea Hans Küng como parte de las orientaciones inalterables dentro de lo que él denomina *ética planetaria*, como son la adquisición del compromiso a favor de (una cultura de) la solidaridad y de un orden económico justo. Así como el compromiso a favor de (una cultura de) la no violencia y el respeto a toda Vida. Por tal motivo es significativa la lucha incansable de estos movimientos anti represas, y el llamamiento urgente (exteriorizado de nueva cuenta en la declaración de Lorica, 2008) que se hace para que estas manifestaciones noviolentas, no sean tachadas como actos criminales, porque lejos de ser movimientos conflictivos, su esfuerzo corresponde a un ideal de justicia no sólo social sino ambiental, empresa que gira entorno a favor de la vida, de esta generación (no sólo de la futura) que se encuentra bien o mal escribiendo las paginas de la historia contemporánea de nuestro mundo, y no sabemos si las últimas paginas (de existencia) nuestro planeta debido a los desastres ecosistémicos de proporciones inmensas, pues lleva nuestra firma humana impresa en cada suceso. Y en plena lucha por sobrevivir:

Es como si estuviéramos dominados por un hechizo de cuento de hadas que nos permitiera hacer lo imposible a condición de perder la capacidad de hacer lo posible, lograr hazañas fantásticas y extraordinarias con tal de no ser ya capaces de atender debidamente a un estas necesidades cotidianas...(Arendt: 2008).

Y lo paradójico de este tiempo que aún y con toda nuestra tecnología y ciencia podríamos

creernos dioses con el poder suficiente de hacer y deshacer. "...Hay un cambio radical en las condiciones del mundo que permiten valorar nuevas posibilidades. Hoy más que nunca existen condiciones de riqueza acumulada, de desarrollo científico, tecnológico y de inmensas posibilidades culturales para resolver en plazos programados y de manera radical, las guerras, las miserias, el hambre, las crisis de la ecósfera y el atraso en el mundo" (Uribe: 1996).

Lo circunstancial de nuestras posibilidades radica en no tener la fuerza o convicción suficientes para actuar de manera colectiva por encima de lo individual, no alcanzamos a prever claramente que la fuerza del proceso de la acción nunca se agota en un acto individual... creciendo al tiempo que aumenta sus consecuencias (Arendt: 2005) por lo tanto nuestras acciones individuales se tornan colectivas, repercutiendo muchas veces en una ilimitada escada de consecuencias que impactan a nuestros congéneres y en este critico momento a la mayor parte de las especies que habitan el planeta. En cuanto a los recursos naturales, en específico el tema que nos abate, como lo es el agua, es necesario recalcar que las leyes humanas la tratan como objeto de propiedad, y nunca como sujeto de derecho. Reducida a mera fuente de recursos naturales y buenos negocios, ella puede ser legalmente malherida, y hasta exterminada.<sup>57</sup> En este afán desmesurado de controlar -donde el capital, el valor de uso, mercantilista de la vida, del agua, de la tierra, del aire, del humano, de todo ser vivo se vuelve tenaz- este acto de someter lo que le da vida al otro es una evento de violencia trascendental, en este acto de pretender poseer la vida -e incluso- adueñarse de la propia muerte del otro no permite que alcancemos a concebir que destruyendo al otro es como me destruyo a mi mismo. Por ello adquiere sentido y significado la defensa del agua entorno a la vida.

---

56 Ver declaración completa en:  
<http://internationalrivers.org/en/am%C3%A9rica-latina/declaraci%C3%B3n-de-lorica-de-la-red-latinoamericana-contra-represas>

---

57 Consultar:  
<http://aguaplaneta.blogspot.com/search/label/BIOETICA%20DEL%20AGUA>

Maude Barlow y Tony Clarke proponen los siguientes diez principios como parte de ese compromiso por el cuidado del agua y por ende, la vida que en ella se sustenta.

- 1 El agua pertenece a la tierra y a todas las especies.
- 2 El agua debería dejarse donde está, siempre que ello sea posible.
- 3 El agua debe conservarse para todas las generaciones
- 4 El agua contaminada debe regenerarse
- 5 El agua está mejor protegida en la cuencas naturales
- 6 El agua es un bien común por el que deben velar todas las instancias de los gobiernos
- 7 Disponer de una cantidad prudencial de agua limpia es un derecho humano básico.
- 8 Los mejores defensores del agua son las comunidades y los ciudadanos locales.
- 9 El público debe compartir con el gobierno el derecho y el deber de proteger el agua.
- 10 Las políticas que preconizan la globalización económica no son sostenibles por lo que respecta al agua.

Si por desarrollo sustentable coincidimos con la definición de la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente encabezada en 1987 por Gro Harlem Brundtland, en la que se subraya que es la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (Aguirre y Switkes; 2000:10) entonces es conveniente también recordar la enseñanza del Sumak Kausai, en lengua quichua, nos hace referencia a una vida armoniosa entre los seres humanos y la naturaleza, que nos engendra, alimenta, abriga y que tiene vida propia, y valores propios, más allá de nosotros<sup>58</sup> sin lugar a dudas una enseñanza invaluable de bioética a partir de la cosmovisión indígena que tanto hemos dejado de lado, la cual nos enseña que la natura es capaz de suplir nuestras

---

58 Con referencia al termino Sumak Kausai consultar, <http://www.indigenas.bioetica.org/nota10.htm> y <http://aguaplaneta.blogspot.com/2008/04/en-el-da-de-la-tierra-invitemos-eduardo.html>

“necesidades” sin tener que oprimirla, sangrarla, hasta desaparecerla, ubicando nuestro futuro en un ambiente de alta vulnerabilidad, aminorando las posibilidades de supervivencia a nuestras generaciones predecesoras.

Somos responsables de la preservación de la vida, del cuidado de la tierra, porque jamás se nos ordenó que la desecáramos, que la humilláramos, que la atormentáramos, que acabáramos con toda especie de vida, y con el planeta mismo.

Sabidurías milenarias que hemos dejado de escuchar para darle paso, en el nombre del desarrollo, el progreso y la modernización a nuestro pronto desequilibrio, desarmonía y desgracia. Pasar del homo sapiens al anima sapiens se vuelve cada vez más una necesidad, no sólo de evolución, sino de sobrevivencia.

## CONCLUSIONES

La desesperanza ante el presente y sus diversas complicaciones a como lo hemos visto a lo largo de este ensayo; violaciones a ciertos acuerdos internacionales de derecho a los pueblos y sus recursos naturales, la continúa efervescencia del capital y los mercados, la interminable violencia estructural que golpea a las masas, la militarización desmedida, poco a poco trastornan el medio en el que vivimos donde tal pareciera que la justicia, la libertad, la dignidad, la tolerancia y la paz murieran ante nuestros ojos. De 1948 a 2001 han existido alrededor de 1,831 interacciones y conflictos por el agua (Castro: 2006), cada segundo que pasa vivimos una lucha continua –que con el tiempo se recrudecerá– para que el agua sea vista como un recurso público y no desde el ángulo mercantilista.

Hace setenta y tres años en medio de la gran depresión Charles Spencer Chaplin nos mostraba el mundo moderno en el que los hombres sólo podíamos aspirar a ser arrastrados a través de los engranajes de la modernidad. Hoy en medio de otra gran depresión mundial bajo otras condiciones de riesgo como humanidad es inevitable recordar –aquella reflexión– en su inolvidable discurso del “Gran Dictador” *En*

*este mundo hay sitio para todos y la buena tierra es rica y puede alimentar a todos los seres... La codicia ha envenenado las armas, ha levantado barreras de odio, nos ha empujado hacia las miserias y las matanzas.*

El escenario cambia, ahora estamos atrapados en un lugar desierto viendo a lo lejos el agua secuestrada en diques. Hoy más que nunca el planeta debe vibrar con la lucha para hacer valer los derechos de los pueblos y de la humanidad para así ser respetada la vida en su totalidad, a través del respeto, la justicia, así como un pacto de no agresión al medio ambiente y por ende un acuerdo entre nosotros mismos como humanos para defender el derecho a la vida, en este momento no hay batalla lejana, ni problema pequeño, que el no saber enfrentar como humanidad el reto que nos impone nuestro tiempo.

El llamado es urgente, es resistir y realizar un cambio oportuno desde nuestras trincheras, - Parafraseando a Ana Esther Ceceña- resistir desde nuestras propias circunstancias, desde lo que somos, desde donde estemos<sup>59</sup>.

*Queremos que la mente de los hombres buenos que quieren y aman la vida sencilla, la naturaleza, la justicia, lo bello y lo sagrado puedan acompañarnos a pensar y a buscar un mejor mundo y a hacer que el pensamiento del Hombre Kapunía del Gobierno entienda y atienda al indio y a su pensamiento y que pueda también alguna vez él, oír los sonidos de la naturaleza y ver la alegría de los corazones de quienes vivimos cuidando este mundo, siempre y cuando nos dejen”.*

Jaibaná (Shaman) Emberá-Katío, Colombia (Aguirre y Switkes: 2000).

Ante el panorama mundial que tenemos a la vista, devastado económicamente, la esperanza se vuelve casi invisible, en este frenético devenir

---

59 Jornada “Eje Del Mal: Usa- Colombia-México.” Posgrado De Derechos Humanos De La Universidad Autónoma De La Ciudad De México, 10 de septiembre de 2009.

en el que nos encontramos en medio la OCDE y la CEPAL han previsto que tan sólo en América Latina habrán 39 millones de pobres para finales del 2010.

Con esto las probabilidades de lograr una pizca de justicia social se tornan quiméricas, teniendo como resultado el recrudescimiento de las tensiones sociales flageladas con mayor intensidad por la violencia política que sólo vela por el beneficio del mercado internacional dejando hacer y dejando pasar, minimizando al estado para darle paso a la modalidad del capital y privatización, desembocando en violencia estructural. La tensión persiste cuando en todo este escenario grisáceo la violencia militar contribuye a situar a la sociedad civil en un estado de riesgo permanente ante el fuego cruzado, donde la seguridad se desvanece entre la violencia y el terror.

A todo esto le sumamos la violencia cultural que deja al descubierto la vulnerabilidad en la que viven las comunidades no sólo indígenas, sino rurales. Así como los conflictos latentes por la posesión de zonas estratégicas que provean de recursos naturales ocasionando desplazamientos –como el ocurrido el 21 y 22 d enero del 2010 en los montes azules- tan importantes como el agua<sup>60</sup>, y posibles consecuencias con la construcción de presas como la pérdida de tierras agrícolas, el desgaste del paisaje, desgaste del ecosistema, pérdida de algunas especies de flora y fauna por causa de los embalses, reubicaciones forzadas, aumento de las migraciones del campo a la ciudad, sólo por mencionar algunas de las repercusiones que tiene el apoderamiento de las cuencas y la modificación de las mismas como consecuencia de las represas.

Para mitigar en cierta medida los conflictos en la región del PPP sería eficaz entablar un diálogo entre las diferentes partes como son las organizaciones no gubernamentales, las entidades federales, estatales y las

---

<sup>60</sup> <http://www.apivirtual.com/2010/02/08/por-los-companeros-despojados-y-desplazados-de-montes-azules/>

organizaciones comunitarias. Identificar las necesidades de la comunidad y no hacer oído sordo a las demandas que muchas veces por años esperan ser respondidas, lograr el consenso no es tarea fácil pero podría ser una oportuna manera de solucionar futuros conflictos.

### LITERATURA CITADA

- Arendt Hannah. 2008. *Sobre la violencia*, Alianza editores, Madrid.
- Arendt, Hannah. 2005. *La condición humana*, Paidós, Barcelona.
- Camarena Luhrs, Margarita y Valdez Zepeda, Andrés. “**El Plan Puebla Panamá y las políticas de desarrollo. Un análisis crítico**” en Revista Espiral, septiembre-diciembre, vol. 9, número 25, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México, pp. 69-105.
- Carmagnani, Marcello, 2004. *El otro occidente: América Latina desde la invasión europea hasta la globalización*. Fondo de Cultura Económica, Fideicomiso Historia de las Américas, serie Ensayos, México.
- Castro Soto Gustavo. *El movimiento social en Mesoamérica contra las represas, por el agua y los ríos*. 20 de Septiembre de 2006, Chiapas, México, www.mapder.org.
- GraBl Hartmut, Hupfer Peter, Lozan José, Menzel Lucas, Schönwiese Chirstian-D. 2007. *Change global, enough water for all?*, Wissenschaftliche Auswertungen in Kooperation mit Geo, Hamburg, Germany.
- Cifuentes Villarroel Ricardo. “**Transnacionales, saqueo de recursos y conflicto ambiental en Latinoamérica**”, 2006, ver: <http://rcci.net/globalizacion/2006/fg633.htm>.
- Delgado Ramos, Delgado. 2006. *Agua: Usos y Abusos, la hidroelectricidad en Mesoamérica*. México.
- \_\_\_\_\_. 2004. *Biodiversidad, desarrollo sustentable y militarización, esquema de saqueo en Mesoamérica*. México.
- Getches H. David. “**Derecho de los pueblos Indígenas al agua y Normas internacionales**” en: <http://www.agua.org.mx/content/view/1184/141/>.
- Gómez Magdalena. 1995. *Derechos Indígenas: lectura comentada del Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo*. Instituto Nacional Indigenista, México.
- Ramirez Ericka y Cilia David. 2004. “**Coicoyán, en el filo de la miseria**”, Contralínea, septiembre 2007.
- [http://www.oaxaca.contralinea.com.mx/archivo/2007/septiembre/htm/Coicoyan\\_miseria.htm](http://www.oaxaca.contralinea.com.mx/archivo/2007/septiembre/htm/Coicoyan_miseria.htm).
- Jornada, “**Eje Del Mal: Usa- Colombia- México2**”, Posgrado de Derechos Humanos de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México, 10 de septiembre de 2009.
- Küng Hans, Kuschel Karl-Josef, 2006. *Hacia una ética mundial declaración del parlamento de las religiones del mundo*. editorial Trotta.
- Monti Aguirre y Glenn Switkes (coord.). 2000. *Guardianes de los ríos*. International Rivers.
- Network, Linking Human Rights and Enviromental Protetion Berkeley, CA, USA.
- Plan Puebla Panamá, **Material audiovisual**, producciones Miradas y CIEPAC. Richard.
- Hamann Thomas Ankersen, *RIO USUMACINTA Construcción de un Marco de Cooperación entre México y Guatemala*. Programa Mesoamericano de Derecho Ambiental Centro para la Responsabilidad Gubernamental Universidad de Florida College of Law 1 de septiembre de 1996.
- Samir Amin, Pablo González Casanova (Dir.). 1996. *La Nueva organización Capitalista Mundial Vista Desde El Sur, II El Estado y la Política en el Sur d el Mundo*. Tomo 8 Antrhopos, Editorial Hombre, UNAM.
- Sandoval Forero, Eduardo Andrés y Robinson Salazar Pérez (coords), *Lectura crítica del Plan Puebla Panamá*, Ediciones Insumisos Latinoamericanos, Argentina, 2003.
- Webs consultadas:  
[http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=126&Itemid=293](http://www.conapo.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=126&Itemid=293)  
[http://www.iis.ucr.ac.cr/publicaciones/tlc/integracion/mesa3/Juan\\_Dardn.pdf](http://www.iis.ucr.ac.cr/publicaciones/tlc/integracion/mesa3/Juan_Dardn.pdf)  
[www.planpuebla-panama.org](http://www.planpuebla-panama.org)  
<http://aguaplaneta.blogspot.com/search/label/BIOETICA%20DEL%20AGUA>  
<http://internationalrivers.org/en/am/C3%A9rica-latina/declaraci%C3%B3n-de-lorica-de-la-red-latinoamericana-contra-represas>  
<http://www.ciepac.org/archivo/analysis/decposadas.htm>  
[http://www.ciepac.org/archivo/otras%20temas/9polens.htm#\\_ftn1](http://www.ciepac.org/archivo/otras%20temas/9polens.htm#_ftn1)  
<http://www.elperiodico.com.gt/es/20070502/actualidad/39199/>  
<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tramos/00%20RESUMEN%20EJECUTIVO.pdf>

<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/tramos/Ruta%20I08%20Impactos%20-%20Ruta%20I.pdf>  
<http://www.gomaya.com>  
<http://www.indigenas.bioetica.org/nota10.htm>  
<http://aguaplaneta.blogspot.com/2008/04/en-el-da-de-la-tierra-invitados-eduardo.html>  
<http://www.nodo50.org/tortuga/La-Nueva-Guerra-y-los-recursos>  
<http://www.prensalibre.com/pl/2008/septiembre/11/263095.html>  
<http://www.nodo50.org/pchiapas/ppp/ppp26.htm>  
[http://www.igeograf.unam.mx/iggweb/pdf/gaceta/gaceta\\_5.pdf](http://www.igeograf.unam.mx/iggweb/pdf/gaceta/gaceta_5.pdf)  
<http://www.apiavirtual.com/2010/02/08/por-los-companeros-despojados-y-desplazados-de-montes-azules/>

**Julia Isabel Martínez Fuentes**

Alumna de la sexta generación de la Maestría en Estudios para la Paz y el Desarrollo, Universidad Autónoma del Estado de México.

**Eduardo Andrés Sandoval Forero**

Doctor en Sociología (UNAM), investigador del CIEAP, UAEM. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores desde 1995 (nivel II). Catedrático y profesor invitado de universidades de Estados Unidos, América del Sur, España e Italia. Autor de varios libros sobre cultura, grupos étnicos y migración. Premio Estatal de Ciencia y Tecnología 2005 en el área de Ciencias Sociales y Humanidades otorgado por el Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología.

# **Ra Ximhai**

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2011

## **USO DE AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS**

Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo

Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1

Universidad Autónoma Indígena de México

Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 153-170.



**e-revist@s**

## USO DE AGENTES ANTIMICROBIANOS NATURALES EN LA CONSERVACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS

### NATURAL ANTIMICROBIAL AGENT USE IN THE PRESERVATION OF FRUITS AND VEGETABLES

Elvia Nereyda **Rodríguez Saucedo**

Egresada de la carrera de Ingeniería Bioquímica en Alimentos por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo electrónico: enrodriguez@gmail.com.

#### RESUMEN

En la actualidad ha surgido la necesidad de buscar alternativas de conservación, esto debido a que se ha asociado el consumo de conservadores químicos con intoxicaciones. La demanda de productos frescos mínimamente tratados está aumentando, así como el interés por los agentes antimicrobianos de origen natural (derivados de vegetales), por esto en la actualidad se busca la combinación de dos o más factores que interaccionen aditiva o sinérgicamente controlando a la población microbiana, permitiendo con esto productos semejantes al producto fresco pero con menos aditivos, cabe señalar que la velocidad de deterioro microbiológico no solo depende de los microorganismos presentes, sino también de la combinación química del producto y del tipo de carga microbiana inicial. Es por ello que el principal objetivo del procesamiento de alimentos es proveer bienestar al ser humano por medio de alimentos seguros, nutricionalmente adecuados y cubrir las expectativas de sabor, aroma y apariencia, por lo cual el uso de aditivos alimentarios de origen natural implica el aislamiento, purificación, estabilización e incorporación de dichos compuestos a los alimentos con fines antimicrobianos, sin que afecte negativamente a las características sensoriales. En general, cada vez se descubren más plantas o partes de estas que contienen antimicrobianos naturales, por ejemplo los que incluyen compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas, por lo que ya no solo tendremos mayor seguridad, sino mejor calidad de los alimentos ya que este tipo de antimicrobianos se consideran como fuentes potencialmente seguras.

**Palabras clave:** aditivos, alimentos, antimicrobianos naturales, conservación.

#### SUMMARY

Today has been a need to find alternatives of conservation, because it has been associated with consumption of poison chemical preservatives. The demand for minimally processed fresh products is increasing, and interest in natural antimicrobial agents (derived from plants), so now looking for the combination of two or more factors that interact additively or synergistically controlling population microbial, allowing it to fresh produce similar products with less additives, it should be noted that the rate of microbial spoilage depends not only on microorganisms but also the chemical combination of product and type of initial microbial load. That is why the main aim of food processing is to provide comfort to humans through a safe, nutritionally adequate and meet the expectations of taste, aroma and appearance, so the use of natural food additives involves the isolation, purification, stabilization

and incorporation of these compounds to food antimicrobial purposes, without adversely affecting the sensory characteristics. In general, every time we discover more plants or parts thereof which contain natural antimicrobials, such as including phenolic compounds from bark, stems, leaves, flowers, organic acids present in fruits and phytoalexins produced in plants, so as will not only safer, but better food quality and type of antimicrobials that are regarded as potentially safer sources.

**Keywords:** additives, food, natural antimicrobials, conservation.

#### INTRODUCCIÓN

Existe una tendencia mundial hacia un mayor consumo de frutas y hortalizas, motivado fundamentalmente por una creciente preocupación por una dieta más equilibrada, con menor proporción de carbohidratos, grasas y aceites y con una mayor participación de la fibra dietaria, vitaminas y minerales. Esto se fundamenta, en parte, en las menores necesidades calóricas de la vida moderna, caracterizadas por un mayor confort y sedentarismo. Sin embargo, la tendencia es cada vez consumir productos más frescos y sanos, y lo más parecido a su forma original. Esto debido a que se ha asociado el consumo de conservadores químicos con intoxicaciones, cáncer y otras enfermedades degenerativas, como son los benzoatos, nitritos y nitratos, anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>), entre otros. Esto genera la necesidad de buscar alternativas de conservación que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad con el alimento (Álvarez-Parrilla, 2005).

El uso de antimicrobianos (conservadores) es una práctica común en la industria de los alimentos, por muchos años se han utilizado antimicrobianos sintetizados químicamente (que en algunos casos han causado daño en la salud de los consumidores, si se utilizan a grandes dosis o como en el caso de los sulfitos), redundando en un rechazo por parte de los consumidores de productos procesados, por lo cual ha surgido la necesidad de buscar

otras opciones. En esta búsqueda se han encontrado nuevos agentes antimicrobianos de origen natural, como sustitutos de los tradicionalmente utilizados (Nychas, 1995).

Algunos antimicrobianos naturales se obtienen principalmente de hierbas, plantas, y especias. Lo más difícil es extraer, purificar, estabilizar e incorporar dicho antimicrobiano al alimento sin afectar su calidad sensorial y seguridad (Beuchat y Golden, 1989).

La actividad antimicrobiana de hierbas y plantas es generalmente atribuida a los compuestos fenólicos presentes en sus extractos o aceites esenciales, y se ha observado que la grasa, proteína, concentración de sal, pH y temperatura afectan la actividad antimicrobiana de estos compuestos (Nychas, 1995).

Los antimicrobianos continúan estando entre los aditivos alimentarios más importantes. Actualmente, debido a la demanda por parte del consumidor de productos frescos mínimamente tratados como son las frutas frescas y frescas cortadas envasadas bajo diferentes atmósferas y refrigeradas, está aumentando el interés por los antimicrobianos de origen natural que puedan extraerse para ser utilizados con el fin de prolongar la vida útil y la seguridad para el consumidor (Blanchard, 2000).

La mayor parte de los antimicrobianos alimentarios solamente son bacteriostáticos (sistemas de conservación que impiden el desarrollo de gérmenes) o fungistáticos, en lugar de bactericidas (sistemas de conservación que destruyen los gérmenes) o fungicidas, por lo que su efectividad sobre los alimentos es limitada. Por otra parte, debido a que algunos microorganismos pueden no verse inhibidos o destruidos por las dosis convencionales de antimicrobianos utilizados individualmente, puede ser preferible utilizar una combinación de ellos, ampliando así el espectro de cobertura en la preservación de frutas o alimentos en general (Blanchard, 2000).

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica de la importancia del uso de los antimicrobianos naturales derivados de vegetales para la conservación de frutas, tales como: orégano, vainilla, ajo, extracto de

canela, pimienta negra, con el objetivo de conocer el poder antibacterial que puedan llegar a tener dichos compuestos, esto es debido a que el uso de conservadores químicos se ha venido relacionando con algunos tipos de intoxicaciones, además de que actualmente se emplean para alargar la vida de anaquel de los alimentos.

## **PRINCIPIOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

La preservación de alimentos puede definirse como el conjunto de tratamiento que prolonga la vida útil de aquellos, manteniendo, en el mayor grado posible, sus atributos de calidad, incluyendo color, textura, sabor y especialmente valor nutritivo. Esta definición involucra una amplia escala de conservación, desde períodos cortos, dados por métodos domésticos de cocción y almacenamiento en frío, hasta períodos muy prolongados, dados por procesos industriales estrictamente controlados como es el caso de la congelación y la deshidratación (Leistner, 1995).

Las tendencias actuales de los consumidores indican su preferencia por alimentos de fácil preparación, de calidad, seguros, y naturales, que estén poco procesados pero a la vez tengan una mayor vida útil. Las tecnologías de conservación de alimentos tienen como reto, obtener productos más duraderos sacrificando al mínimo sus características nutricionales y sensoriales iniciales (Del Valle, 2003).

Las condiciones de uso de los conservantes están reglamentadas estrictamente en todos los países del mundo. Usualmente existen límites a la cantidad que se puede añadir de un conservante y a la de conservantes totales. Los conservantes alimentarios, a las concentraciones autorizadas, no matan en general a los microorganismos, sino que solamente evitan su proliferación. Por lo tanto, solo son útiles con materias primas de buena calidad (Alvarez-Parrilla, 2005).

### **Conservadores en alimentos**

Cuando adquirimos en el supermercado un alimento no procesado (fruta, verduras, hortalizas, etc.), es posible que dicho alimento pueda haber sufrido alguna contaminación de manera no intencional o contener algún aditivo. Dentro de los contaminantes no

intencionales se pueden encontrar componentes naturales del propio alimento, toxinas producidas por alguna bacteria, productos derivados del procesamiento del alimento y de la contaminación ambiental, contaminantes que resultan del manipuleo del alimento como pesticidas y fertilizantes entre otros. Por otro lado los aditivos se añaden de manera intencional para preservar y/o mejorar las características del alimento, algún ejemplo sería un conservador antimicrobiano natural. Los conservadores se adicionan con el propósito de controlar el crecimiento de microorganismos (bacterias y hongos) y pueden ser químicos y naturales (Barboza-Corona, et. al., 2004).

A pesar de que la mayor parte de los conservadores usados en alimentos son de origen químico, existen diversos productos de origen natural provenientes de plantas que pueden ser usados como conservadores de alimentos. Se estima que del 1% al 10% de la cerca de 500 000 especies de plantas que existen en el mundo tienen uso como alimento. (Barboza-Corona, et. al., 2004).

Muchas frutas contienen diferentes ácidos orgánicos, como el ácido benzoico o el ácido cítrico. Los ajos, cebollas y muchas especias contienen potentes agentes antimicrobianos, o precursores que se transforman en ellos al triturarlos (Matamoros, 1998).

### Generalidades

La principal causa de deterioro de los alimentos es el ataque por diferentes tipos de microorganismos (bacterias, levaduras y mohos). El problema del deterioro microbiano de los alimentos tiene implicaciones económicas evidentes, tanto para los fabricantes (deterioro de materias primas y productos elaborados antes de su comercialización, pérdida de la imagen de marca, etc.) como para distribuidores y consumidores (deterioro de productos después de su adquisición y antes de su consumo) (Matamoros, 1998).

La calidad de los alimentos se encuentra afectada por factores físicos, químicos, bioquímicos, microbiológicos (Lueck, 1980), el control de dichos factores y en especial el microbiológico es esencial para la preservación de los alimentos. La aplicación de factores de

estrés microbiológico es de gran utilidad para lograr la inhibición y/o muerte microbiana (Boddy y Wimpenny, 1992). Los factores principales que afectan la sobrevivencia y el crecimiento microbiano se pueden clasificar de la siguiente forma (Mossel e Igram, 1995; Mossel, 1983; Alzamora, 1997):

- Factores implícitos y microbianos (microorganismos presentes, velocidades y fases lag de crecimiento, efectos sinérgicos, etc.).
- Factores intrínsecos, aquellos factores químicos y físicos que actúan dentro del alimento (nutrientes, pH, actividad de agua, presencia de conservadores y otras sustancias antimicrobianas, microestructura, etc.).
- Factores extrínsecos (temperatura, humedad relativa, presión parcial de oxígeno, etc.).

Los métodos de conservación tradicionales como congelación, pasterización, esterilización, deshidratación, están basados en la manipulación de uno o dos factores de conservación. En la actualidad, se busca la combinación de dos o más factores que interaccionen aditiva o sinérgicamente controlando a la población microbiana, evitando la aplicación de un solo factor de conservación en forma severa, lo que mejora la calidad sensorial y nutricional del alimento; permitiendo el procesamiento de productos semejantes al producto fresco, mas sanos, con menos aditivos y listos para preparar y servir (Alzamora, 1997). A esta combinación de factores se le ha denominado tecnología de obstáculos o factores combinados (Leistner y Rodel, 1976).

Se calcula que más del 20% de todos los alimentos producidos en el mundo se pierden por acción de los microorganismos. Por otra parte, los alimentos alterados pueden resultar muy perjudiciales para la salud del consumidor (Lueck, 1980).

La toxina botulínica, producida por una bacteria, *Clostridium botulinum*, en la conservación de frutas y hortalizas y en otros productos, es una de las sustancias más venenosas que se conocen (miles de veces más tóxica que el cianuro). Las aflatoxinas, sustancias producidas por el crecimiento de ciertos mohos, son potentes agentes cancerígenos. Existen razones poderosas para

evitar la alteración de los alimentos (Matamoros, 1998).

Los organismos oficiales correspondientes, a la hora de autorizar el uso de determinado aditivo, tienen en cuenta que éste sea un auxiliar del procesado correcto de los alimentos y no un agente para enmascarar unas condiciones de manipulación sanitaria o tecnológicamente deficientes, ni un sistema para defraudar al consumidor engañándole respecto a la frescura real de un alimento (Álvarez Parrilla, 2005).

## ANTIMICROBIANOS ALIMENTARIOS

### Efecto de la adición de antimicrobianos

Los antimicrobianos o conservadores pueden tener al menos tres tipos de acción sobre el microorganismo;

- Inhibición de la biosíntesis de los ácidos nucleicos o de la pared celular.
- Daño a la integridad de las membranas.
- Interferencia con la gran variedad de procesos metabólicos esenciales.

Consecuentemente algunos agentes antimicrobianos pueden afectar a muchos tipos de microorganismos, mientras que otros muestran un espectro de acción inhibitor mas reducido. Del mismo modo algunos antimicrobianos pueden ser directamente microbicidas, mientras que otros actúan como microbiostáticos. Con todo, este ultimo mecanismo también acarrea la muerte celular, excepto en el caso de las esporas de *Bacillaceae* (Mussel, 1983).

### Agentes antimicrobianos

Con la evolución de la ciencia de alimentos han surgido muchos compuestos químicos con actividad antimicrobiana. El agente antimicrobiano del que se tiene el registro mas antiguo es la sal de mesa, la cual se sigue utilizando en la actualidad para conservar productos cárnicos. En el siglo XX se dieron grandes avances en la conservación de alimentos por medio de agentes químicos. Fue entonces cuando empezaron las revisiones de daños a la salud que cada agente podría causar (López, 2000).

Hoy en día la industria de alimentos utiliza en todo el mundo una gran cantidad de

antimicrobianos. Estos difieren según el país, ya que su uso esta restringido por las leyes alimentarias de cada nación. La producción de antimicrobianos genera una fuente de ingresos económicos importante a nivel mundial. Tan solo en los estados unidos en 1991 se consumieron 37.5 millones de kilogramos de conservadores, y esta cifra ha aumentado año con año desde entonces. Se estima que a nivel mundial, el consumo de antimicrobianos aumenta 4.1% anualmente, siendo los más utilizados los sorbatos, los propionatos y los benzoatos (Davidson, 1997).

La velocidad de deterioro microbiológico no solo depende de los microorganismos presentes, sino también de la composición química del producto y del tipo de carga microbiana inicial. Los antimicrobianos son compuestos químicos añadidos o presentes en los alimentos que retardan el crecimiento microbiano o inactivan a los microorganismos y por lo tanto detienen el deterioro de la calidad y mantienen la seguridad del alimento (Davidson, 1997).

Muchos investigadores concuerdan en que la evaluación de aditivos para alimentos debe basarse en un balance entre los riesgos y beneficios, de esta manera en el futuro los aditivos benéficos, serán aquellos que tengan o cumplan con varias funciones en los alimentos a los cuales se añadan. La actividad antimicrobiana de estos aditivos se debe porque atacan la pared celular, membrana celular, enzimas metabólicas, la síntesis de proteína y el sistema génico. Cada uno de estos puntos, son esenciales para el desarrollo celular, por lo tanto si uno es atacado o inactivado la velocidad de crecimiento del microorganismo se ve minimizada (Davidson y Branen, 1993).

La mayoría de agentes antimicrobianos usados en alimentos solo inhiben el crecimiento de bacterias y hongos, más no eliminan su crecimiento, por lo que el producto tiene una vida de anaquel restringida, y es necesario el uso de otros factores de conservación que aumenten la vida media del producto. Algunos antimicrobianos sintetizados químicamente reconocidos como GRAS (generally recognized as safe) por la FDA (Food and Drug Administration) son los siguientes (Jay, 1991):

- Ácido propiónico y propionatos (mohos)
- Ácido sórbico y sorbatos (mohos)
- Ácido benzoico y benzoatos (mohos y levaduras)
- Parabenos (mohos y levaduras)
- Dióxido de azufre y sulfitos (mohos, levaduras y bacterias)
- Óxido de etileno y de propileno (mohos y levaduras)
- Diacetato de sodio (mohos y levaduras)
- Nisina (bacterias ácido lácticas, clostridios)
- Nitrito de sodio (clostridios)

### Agentes antimicrobianos naturales

El principal objetivo del procesamiento de alimentos es proveer bienestar al ser humano por medio de alimentos seguros, nutricionalmente adecuados y cubrir las expectativas de sabor, aroma, apariencia y mayor comodidad. Es por esto el deseo de la sociedad moderna de consumir alimentos frescos, por lo que ha incrementado la popularidad de los alimentos “mínimamente o parcialmente procesados”. Este tipo de alimentos siguen los pasos mínimos de preparación, tratando de cambiar lo menos posible las cualidades de “alimento fresco” en la medida que sea posible, pero al mismo tiempo haciéndolo un alimento seguro y con una vida de anaquel suficiente para su transporte hasta el consumidor. (Alzamora, 1997). Otras tendencias del mercado de alimentos se muestran en el cuadro 1.

**Cuadro 1. Tendencias de los consumidores que tienen impacto directo en la tecnología y conservación de alimentos, Welti (1997).**

Tendencias actuales	Características
Convenientes y de alta calidad	Fáciles de almacenar con vida útil satisfactoria
De procesos menos severos	Calentamiento menos intenso y daño mínimo por congelación
Con menos aditivos artificiales	Uso de antimicrobianos naturales, timol, carvacrol, eugenol, etc.
Más frescos	Uso de congelación
Más saludables	Con menos grasas saturadas y menos cantidad de azúcares.

La mayoría de estas nuevas tendencias tienen implicaciones microbiológicas importantes dado que los cambios que tienen que realizarse conducen a que los factores de conservación sean aplicados de manera menos severa o en menor concentración. Por lo tanto la estabilidad y la seguridad de estos alimentos podrían verse disminuida en términos de vida útil de anaquel y en la producción de alimentos con mayor riesgo para la salud y cada vez más dependientes de una acertada formulación,

procesamiento, distribución y almacenamiento (Gould, 1996).

Muchos alimentos contienen compuestos naturales con actividad antimicrobiana. En estado natural, estos compuestos pueden desempeñar el papel de prolongadores de la vida útil de los alimentos. Incluso muchos de ellos han sido estudiados por su potencial como antimicrobianos alimentarios directos. El uso de aditivos alimentarios de origen natural implica el aislamiento, purificación, estabilización e incorporación de dichos compuestos a los alimentos con fines antimicrobianos, sin que ello afecte negativamente a las características sensoriales, nutritivas y a su garantía sanitaria. Esto tiene que lograrse manteniendo los costos de formulación, procesamiento o comercialización. Los sistemas antimicrobianos naturales pueden clasificarse por su origen:

1. Origen animal, incluye proteínas, enzimas líticas tales como lisozima, hidrolasas tales como lipasas y proteasas (Beuchat, 2001) y polisacáridos como el quitosán (Davidson y Zivanovic, 2003).
2. Origen vegetal, incluye compuestos fenólicos provenientes de cortezas, tallos, hojas, flores, ácidos orgánicos presentes en frutos y fitoalexinas producidas en plantas (Beuchat, 2001).
3. Origen microbiano, incluye compuestos producidos por microorganismos.

Día a día se está aumentando el uso en la Unión Europea de antimicrobianos naturales que refuerzan la seguridad en los alimentos y prolongan la vida útil de estos frente a las bacterias, hongos y virus. El apio, la almendra, el café y el arándano son antimicrobianos naturales que tienen la capacidad de inhibir el crecimiento de microorganismos (Beuchat, 2001).

Otro compuesto que servirá para sustituir al ácido sórbico en la conservación de los alimentos es la vainillina, un componente cristalino de la vaina de la vainilla, que se ha mostrado muy eficaz en frutas como la manzana, las fresas o el mango. En general, cada vez se descubren más plantas o partes de éstas que contienen antimicrobianos naturales, por lo que ya no solo tendremos mayor

seguridad, sino mejor calidad de los alimentos (Blanchard, 2000).

Los sistemas antimicrobianos naturales presentes en plantas, animales o microorganismos van ganando adeptos en el ámbito de la «conservación natural», sobre todo de las actividades antimicrobiana procedente de extractos de varios tipos de plantas y partes de plantas que se usan como agentes saborizantes en algunos alimentos. En países como Nigeria, por ejemplo, los extractos de especias con propiedades conservantes naturales son más utilizados que los antimicrobianos sintéticos. En la mayoría de los casos, los antimicrobianos se usan principalmente para inhibir el crecimiento de hongos y levaduras, y su acción depende en gran medida del pH. Cuanto más ácido es un alimento, más activo es contra los microorganismos (Ismail y Pierson, 1990).

Muchas hierbas y “especias” (cuadro 2) contienen aceites esenciales que son antimicrobianos: se menciona que cerca de 80 productos de origen vegetal contiene alto niveles de antimicrobianos con uso potencial en alimentos por ejemplo: clavo, ajo, cebolla, salvia, romero, cilantro, perejil, orégano, mostaza y vainilla entre otros (Ismail y Pierson, 1990).

**Cuadro 2. Plantas utilizadas como saborizantes en alimentos y con actividad antimicrobiana (López, 1995).**

Ajedrea	Cebollines	Jengibre	Pimienta de cayenne
Ajo	Cilantro	Laurel	Pimienta de jamaica
Albahaca	Clavo	Mejorana	Pimentón
Alcaravea	Comino	Menta	Romero
Anís	Cúrcuma	Mostaza	Salvia
Azafrán	Eneldo	Nuez moscada	Té limón
Canela	Estragón	Perejil	Tomillo
Cardamomo	Hinojo	Pimienta	Vainilla

La FDA, considera a los agentes antimicrobianos de origen natural, como sustancias del tipo GRAS, en el cuadro 3, figuran productos vegetales de los que se obtienen aceites esenciales, oleorresinas, y extractos naturales incluyendo a sus destilados para su uso como agentes antimicrobianos (Roberts, 1986).

**Cuadro 3. Lista de FDA de especias, aromatizantes, y saborizantes naturales considerados GRAS (Hernández, 2003).**

Ajo	Anís	Cardamomo	Hinojo	Nuez moscada
Ajonjolí	Apio	Cebolla	Jengibre	Orégano
Albahaca	Azafrán	Cilantro	Manzanilla	Perejil
Alcaparra	Caléndula	Clavo	Mejorana	Pimienta
Alfalfa	Canela	Gliciriza	Mostaza	Vainilla

### Modo de acción de los agentes antimicrobianos

El modo de acción de éstos compuestos fenólicos no ha sido determinado, éstos pueden inactivar enzimas esenciales, reaccionar con la membrana celular o alterar la función del material genético y se ha observado que las grasas, proteínas, concentraciones de sal, pH y temperatura afecta la actividad antimicrobiana de estos compuestos. Los componentes activos de los aceites esenciales pueden variar en su composición, ya que ésta puede verse afectada por ciertas variables como el genotipo de la planta, las diferentes metodologías de extracción, localización geográfica, así como las condiciones ambientales y agronómicas (Smid y Gorris, 1999).

El mecanismo de ataque de los antimicrobianos dentro de una célula se lleva a cabo en partes y/o funciones importantes para la sobrevivencia de la célula. Puede llevarse a cabo en la pared celular, membrana celular, en la síntesis de proteína, en su genética y en la síntesis de su genética. Esto puede causar daños irreparables a una célula. De varios de los antimicrobianos no se conoce aún su modo de acción, pero al actuar de forma diferente, las combinaciones de estos pueden llevar a mejores resultados (Davidson y Branen, 1993).

Existen pocos estudios enfocados a comprender el mecanismo involucrado en la inhibición microbiana por especias y sus aceites esenciales. Sin embargo, se supone que dada la estructura fenólica de muchos de los compuestos con actividad antimicrobiana presentes en las especias y sus aceites esenciales, el modo de acción debe ser similar al de otros compuestos fenólicos (Davidson, 1997).

En muchos casos los antimicrobianos pueden no tener ningún efecto hasta que se rebasa una concentración crítica. Juven et al., (1994) utilizaron extractos de tomillo a diferentes

concentraciones para tratar de inhibir *Salmonella typhimurium*, y encontraron que había una concentración crítica donde el extracto tenía efecto, y a concentraciones menores no había actividad antimicrobiana. La interpretación de estos investigadores a este fenómeno fue que los compuestos fenólicos sensibilizan la membrana celular, y al saturarse los sitios de acción, la célula sufre un daño grave, provocando que se colapse la membrana (Raibaudi, et, al., 2006).

## CLASES DE ANTIMICROBIANOS NATURALES

### Ácidos orgánicos y ésteres

Uno de los factores que gobierna el crecimiento de los microorganismos en los alimentos es el pH. En general las bacterias crecen a pH cercanos a la neutralidad (pH 6.5 a 7.5) pero sin embargo son capaces de tolerar un rango de pH entre 4 y 9. A diferencia de éstas, los mohos y las levaduras toleran un rango más amplio de pH para su crecimiento, ya que pueden crecer a pH por debajo de 3.5.

Las levaduras y mohos deteriorativos proliferan más comúnmente en frutas y vegetales debido a sus características inherentes como su bajo pH y baja capacidad reguladora (Doores, 1993).

El modo de acción de los ácidos orgánicos en la inhibición del crecimiento microbiano parece estar relacionado con el mantenimiento del equilibrio ácido-base, la donación de protones y la producción de energía por las células. Los sistemas biológicos y químicos dependen de la interacción entre los sistemas ácido-base. La célula microbiana normalmente refleja este equilibrio atendiendo al mantenimiento de un pH interno cercano a la neutralidad. La homeostasis es la tendencia de una célula a sostener un equilibrio químico a pesar de las fluctuaciones en el ambiente. Este balance se mantiene por medio de la interacción de una serie de mecanismos químicos, causando su alteración la destrucción de las células microbianas. Las proteínas, los ácidos nucleicos y fosfolípidos pueden ser alterados estructuralmente por los cambios de pH (Doores, 1993).

### Especias y hierbas

Muchas especias y hierbas exhiben actividad antimicrobiana; entre las usadas en alimentos se encuentran por ejemplo el apio, cilantro, laurel, almendra, albahaca, café, angélica, puerro, rábano picante, hierbabuena, tomillo, etc. Los compuestos presentes en especias y hierbas que tienen actividad antimicrobiana son derivados simples y complejos del fenol, los cuales son volátiles a temperatura ambiente. Las especias son raíces, cortezas, semillas, brotes, hojas o frutos de plantas aromáticas que se añaden a los alimentos como agentes saborizantes. Sin embargo, se sabe desde tiempos antiguos que las especias y sus aceites esenciales tienen diferentes grados de actividad antimicrobiana. El primer reporte del uso de las especias como conservadores se remonta a unos 1,550 años a.c., cuando los antiguos egipcios las empleaban para conservar alimentos y embalsamar a los muertos (Davidson, 2001).

Ciertas especias inhiben el crecimiento de microorganismos. En general son más efectivos las especias frente a organismos gram-positivos, que frente a bacterias gram-negativas:

- Canela, clavo y mostaza: gran poder conservante.
- Pimienta negra/roja, jengibre: inhibidores débiles frente a una gran variedad de microorganismos.
- Pimienta, laurel, cilantro, comino, orégano, romero, salvia y tomillo: actividad intermedia.
- Otros: anís, menta, hinojo, apio, eneldo, cúrcuma.

La función conservadora se debe a los aceites esenciales que poseen, en cuya composición poseen compuestos tipo eugenol o aldehído cinámico con poder antimicrobiano. También presentan actividad antimicrobiana las oleorresinas de estas especias (Petrone, 2002).

### Desventaja del uso de especias y hierbas como antimicrobianos

Muchas hierbas y especias han sido reportadas por poseer propiedades antimicrobianas. Sin embargo existe una gran desventaja en su uso como antimicrobiano: una alta concentración es necesaria para obtener un efecto de preservación y por lo tanto, existen alteraciones en el sabor. Por lo tanto el uso de

hierbas como agentes antimicrobianos esta limitada a los alimentos en los cuales el cambio en el sabor es considerado deseado (Shaaya, 1994).

### Oleorresinas

Las oleorresinas se producen mediante la extracción de los compuestos aromáticos de las especias deshidratadas con solventes orgánicos. Los compuestos volátiles y no volátiles extraídos de las especias, representan el sabor completo de la especia fresca en una forma concentrada. Por esta razón, las oleorresinas son el extracto de especias preferido para saborizar productos y son:

*Pimienta negra	*Cápsica	*Cardamomo	*Cassia
*Semilla de apio	*Capullo de clavo	*Semilla de cilantro	*Semilla de comino
*Curry	*Semilla de Hinojo	*Fenugreek	*Jengibre rojo
*Ajo	*Jengibre	*Enebro	*Lemon grass, hierbas cítricas
*Nuez Moscada	*Resinoide olibanum	*Cebolla	*Semilla de perejil

Ventajas de las oleorresinas:

Natural: Es un producto 100% natural libre de residuos de solvente y de residuos de pesticidas.

- Esterilidad: no presentan contaminación microbiana
- Las oleorresinas cumplen con las especificaciones de la FDA y están clasificadas como GRAS (Generally Recognized as Safe), lo que permite su libre adición dentro de las formulaciones (Eliopoulos, 1991).

Cabe señalar que los aceites esenciales de los cítricos (naranja, limón) son inhibidores del desarrollo de *Aspergillus flavus*, eliminando la producción de aflatoxina. Los extractos de ajo y cebolla inhiben el desarrollo de levaduras y son también antibacterianos. Los rábanos, plátano, batata, berza contienen también sustancias antimicrobianas. Todas estas posibilidades adolecen de la misma limitación: el poder conservante muestra un espectro activo muy estrecho, es decir, sólo son activos frente a determinados microorganismos y la cantidad de principio activo en la especia es tan pequeño que resulta tremendamente caro aislarlo y purificarlo para su preparación comercial (Katayama, 1960).

Muchas partes de plantas y sus extractos usados como especias y hierbas han mostrado efectos antimicrobianos contra bacterias y hongos (cuadro 4). Dentro de las bacterias patogénicas afectadas por un amplio rango de compuestos presentes en esos condimentos se incluyen: *Clostridium botulinum*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus* (Burt, 2004).

El crecimiento de mohos micotoxigénicos, como *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. versicolor*, *A. ochraceus*, *Penicillium urticae*, y *Penicillium roquefortii* es retardado o inhibido, así como también el de mohos, levaduras y bacterias causantes del deterioro de alimentos (Beuchat, 2001).

Estudios con extractos de hojas de *Ginkgo biloba* han demostrado su efecto antimicrobiano contra *Listeria monocytogenes*. Xie y col., (2003) observaron que los extractos de las hojas de esta planta redujeron los niveles de la población de *L. monocytogenes* y que este efecto se hizo más pronunciado a bajas temperaturas (4°C). Además demostraron que la adición de EDTA (1.6 mg/ml) aumentó la actividad antimicrobiana (figura 1).

### Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos obtenidos a partir de diferentes partes de las plantas como flores, yemas, semillas, hojas, ramas, corteza, hierbas, madera, frutos y raíces. Son mezclas complejas de ésteres, aldehídos, cetonas y terpenos. Además son compuestos olorosos, muy solubles en alcohol y poco solubles en agua. Para la extracción de estos compuestos se pueden utilizar distintos solventes (acetato, etanol, y cloruro de etileno). Los aceites esenciales derivados de plantas son conocidos por su actividad antimicrobiana contra un amplio rango de bacterias y hongos (Bullerman, 1997).

Son relativamente pocos los estudios sobre la actividad antimicrobiana de aceites esenciales en sistemas modelo de alimentos o en alimentos propiamente dichos. Sin embargo, en los estudios realizados se ha logrado ver que la eficacia de los aceites esenciales "in vitro" es frecuentemente mucho mayor que en los alimentos (Nychas, et. al., 2003).

**Cuadro 4. Concentraciones mínimas inhibitorias de aceites esenciales probados “in vitro” contra microorganismos patógenos transmitidos por alimentos (Burt, 2004).**

Planta de la cual se deriva el EO	Especie bacteriana	CMI rango aproximado(ul/ml)
Romero	<i>Escherichia coli</i>	4.5 - > 10
	<i>Salmonella typhimurium</i>	> 20
	<i>Bacillus cereus</i>	0.2
	<i>Staphylococcus aureus</i>	0.4 10
	<i>Listeria monocytogenes</i>	0.2
Oregano	<i>E. coli</i>	0.5 1.2
	<i>S. typhimurium</i>	1.2
	<i>S. aureus</i>	0.5 1.2
	<i>E. coli</i>	0.6
	<i>S. typhimurium</i>	2.5
	<i>S. aureus</i>	0.6
	<i>E. coli</i>	3.5 5
	<i>S. typhimurium</i>	10 20
	<i>S. aureus</i>	0.75 10
	<i>L. monocytogenes</i>	0.2
	<i>E. coli</i>	0.4 2.5
	<i>S. typhimurium</i>	> 20
	<i>S. aureus</i>	0.4 2.5
	<i>L. monocytogenes</i>	0.3
	<i>E. coli</i>	0.45 1.25
	<i>S. typhimurium</i>	0.450- > 20
	<i>S. aureus</i>	0.2 2.5
	<i>L. monocytogenes</i>	0.156 0.45
	<i>E. coli</i>	> 0.2
	<i>B. cereus</i>	0.2
<i>E. coli</i>	2.5 - > 80	
<i>Shigella dysenteria</i>	5 - > 80	
<i>S. aureus</i>	0.6 40	
<i>B. cereus</i>	5 10	

CMI = Concentración mínima inhibitoria

En frutas específicamente (cuadro 5), Roller y Seedhar (2002) estudiaron el efecto de diferentes aceites esenciales sobre la extensión de la fase de latencia de crecimiento y la reducción en el nivel de la población final de la flora naturalmente presente en melón y kiwi.

La aplicación de aceites esenciales de mandarina, cidra, limón y lima, aumentaron la vida útil de ensalada de frutas y redujeron la carga microbiana, sin alterar las características sensoriales del producto (Lanciotti, et. al., 2004).

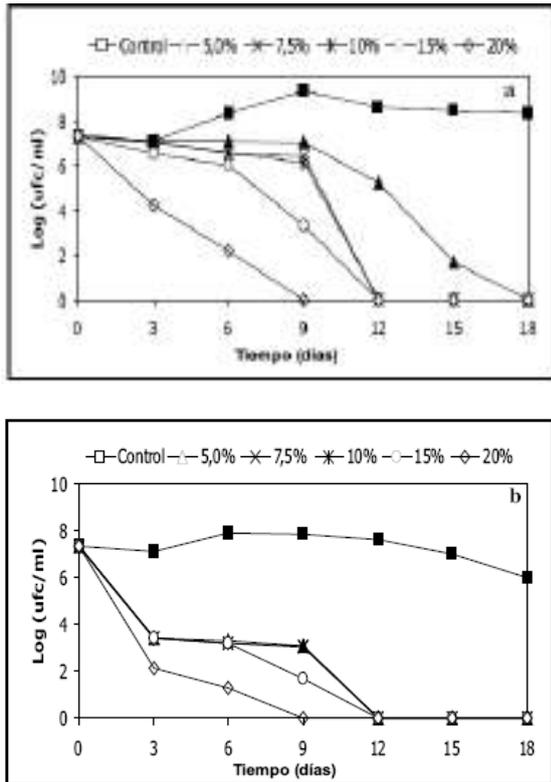


Figura 1. Efecto de las diferentes concentraciones del extracto de hoja de *Ginkgo biloba* (a) y combinaciones del extracto con EDTA (b) sobre el crecimiento de *Listeria monocytogenes* a 4°C durante 18 días (Xie, et. al., 2003).

### Aceites esenciales como antimicrobianos

Recientemente, en la industria alimentaria existe un considerable interés en los extractos y aceites esenciales derivados de las plantas debido a su propiedad de controlar el crecimiento de microorganismos patógenos tales como *Fusarium spp.*, *Alternaria spp.*, *Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.* y *Rhizopus spp.*, que han sido reportados como agentes causantes de enfermedades producidas por los alimentos y/o descomposición de los mismos (Soliman y Badeea, 2002; Tepe, et. al., 2005; Viuda, 2007).

**Cuadro 5. Antimicrobianos utilizados en sistemas modelos a base de frutas (Raibaudi, et. al., 2006).**

Antimicrobiano	Sustrato	Efecto	CMI (ppm)/CU	Referencia
Vainillina	Sistemas modelo de agar a base de frutas	Inhibición del la tasa de crecimiento radial de colonias de especies de <i>Aspergillus</i>	1000-2000	López, et. al., 1995.
Eugenol, timol, mentol y eucaliptol	Cerezas	Inhibición del crecimiento de bacterias aerobias mesófilas, mohos y levaduras	/1 ml en forma de vapor (aplicado en gasas humedecidas con el aceite esencial)	Serrano, et. al., 2005.
Carvacrol y ácido Cinnámico	Melón fresco cortado y kiwi	Reducción de los recuentos de microorganismos viables en kiwi y extensión de la fase lag de la flora microbiana natural en melón	1mM	Roller y Seedhar, 2002
Aceite de mandarina, sidra, limón y lima	Ensalada de frutas	Aumento de la vida de anaquel y reducción del crecimiento microbiano		Lanciotti, et. al., 2004
Metil Jasmonato	Guayaba	Incremento de la tolerancia contra el ataque de patógenos		González, et. al., 2004.
Metil Jasmonato y etanol	Fresa fresca	Deterioro del deterioro fúngico y aumento de la capacidad antioxidante		Ayala, et. al., 2005.
Hexanal	Manzanas frescas cortadas	Inhibición del crecimiento de bacterias aerobias mesófilas, psicrofilas, mohos y levaduras	/0.15 mmol/100g	Lanciotti, et. al., 1999.
Hexanal y trans-2-hexenal	Manzanas frescas cortadas	Extensión de la vida útil de la fruta por inhibición del crecimiento de la flora nativa y prolongación de la fase lag de levaduras inoculadas	/diferentes concentraciones fueron evaluadas.	Corbo, et. al., 2000.
Hexanal, (E)-2-hexenal y hexil acetato	Manzanas frescas cortadas	Efecto bactericida contra <i>L. monocytogenes</i> y extensión de fase lag de <i>E. coli</i> , y <i>S. Enteritidis</i>	/150, 150 y 20 de hexanal, hexil acetato y (E)-2-hexenal respectivamente	Lanciotti, et. al., 2003.
Vapores de ácido acético glacial, peróxido de hidrogeno y dióxido de cloro	Manzanas enteras	Reducción de la población de <i>E. coli</i> inoculada en 3.5 log ufc/g usando ácido acético en vapor, reducciones 2log usando soluciones de peróxido de hidrógeno o dióxido de cloro y reducción de 4,5 log usando dióxido de cloro en forma gaseosa	/Varias	Sapers, et. al., 2003.
Vapores de ácido acético	Uva de mesa	Reducción de hasta 94% del deterioro		Ayala, et. al., 2005.
Peróxido de hidrógeno como solución de lavado	Manzanas enteras	Reducción de la población de <i>E. coli</i>	/H2O2(5%)	Sapers, et. al., 2002.
Peróxido de hidrógeno como solución de lavado	Melón entero y cortado	Reducción de la población de <i>Salmonella</i> spp. Inoculada en melones enteros	/H2O2(2.5% y 5%)	Ukuku, 2004.
Peróxido de hidrógeno, nisina, lactato de sodio y ácido cítrico aplicados como soluciones de lavado	Melón entero y cortado	Reducción en la ransferencia de <i>E. coli</i> O157:H7 y <i>L. monocytogenes</i> del fruto entero al fruto picado	/ H2O2 (2.5%) o una mezcla de H2O2 (1%) + nisina (25 g/ml) + lactato de sodio (1%) + ácido cítrico (0.5%)	Ukuku, et. al., 2005.

CMI: Concentración mínima inhibitoria. CU: Concentración utilizada

Los constituyentes activos de estos aceites son normalmente compuestos volátiles, hidrofóbicos y muy lábiles. Por lo tanto, debido a las características de estos compuestos, son buenos candidatos para ser encapsulados en ciclodextrinas (CDs).

Se han realizado diversos estudios sobre las propiedades antimicrobianas de los aceites esenciales. De los más estudiados encontramos los extractos del orégano, tomillo, romero, cilantro, cebolla y ajo. La efectividad de tales aceites se ha visto confirmada inhibiendo el

crecimiento de diversos hongos y bacterias (Nychas, 1995).

### Ajo

El ajo, es una planta comúnmente utilizada como agente saborizante y condimento en los alimentos. El ajo (*Allium savitum*), pertenece a la familia de las *liláceas* junto con la cebolla, el puerro y el tulipán. Es probablemente el alimento con potencial antimicrobiano mas consumido. Las propiedades medicinales del ajo, han sido estudiadas desde hace siglos. Sin embargo, es hasta los años cuarentas, que

aparece evidencia científica de sus propiedades antimicrobianas: Cavallito y Bailey en 1994, fueron los primeros en aislar el componente antimicrobiano del ajo a partir de bulbos frescos, utilizando destilación por arrastre con vapor. Identificaron al compuesto obtenido como *alicina* o *ácido dialiltiosulfónico*. Este compuesto, se describe como un aceite altamente aromático, incoloro y el responsable del olor característico en el ajo y la cebolla. En concentraciones de 1:85,000 en pruebas de laboratorio, la *alicina* se muestra como bactericida con un amplio espectro para microorganismos Gram positivos y Gram negativos (Beuchat y Golden, 1989).

En los tejidos frescos de ajo, se encuentra la alicina (S- alil-L- cisterna-S-óxido), la cual por medio de hidrólisis se convierte en alicina, piruvato y amonio. El mecanismo de la actividad antimicrobiana del ajo, se basa en la inhibición de la actividad de enzimas como: fosfatasa alcalina, invertasa, ureasa y papaína, así como de enzimas sulfhidricas. La alicina inhibe la actividad de enzimas sulfhidricas debido a la presencia de los grupos químicos S-O-S.

La mayoría de estas enzimas son inhibidas a concentraciones 0.0005 molar de alicina. Esto incluye a ureasa, papaína, colina esterase, hexocinasa, trisfosfatodeshidrogenasa, carboxilasas, adenosin trifosfato y beta amilasa. Igualmente, muestra inhibición para enzimas no sulfhidricas como lactodeshidrogenasa, tirosinasa, fosfatasa alcalina. Muchos de los trabajos realizados sobre la actividad antimicrobiana del ajo, hacen referencia a su acción sobre bacterias patógenas, mohos micotoxigenicos y microorganismos deteriorativos. Organismos que tienen en común las enzimas sulfhidricas (Davidson y Parish, 1989).

Como se mencionó anteriormente, se ha reportado también su eficacia para bacterias Gram positivas: *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Proteus*, *Pseudomona*, *Salmonella*, *Serratia*, *Shigella*. Puede prevenir el crecimiento de *S. aureus*, *B. cereus*; con una eficacia comparada con la de la ampicilina a diferentes concentraciones. Aunque resulta ineficaz para *C. botulinum* (Davidson y Parish, 1989).

### Orégano

Existen múltiples estudios sobre la actividad antimicrobiana de los extractos de diferentes tipos de orégano. Se ha encontrado que los aceites esenciales de las especies del género *Origanum* presentan actividad contra bacterias gram negativas como *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Yersinia enterocolitica* y *Enterobacter cloacae*; y las gram positivas como *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus subtilis* (Aligiannis, 2001). Tienen además capacidad antifúngica contra *Cándida albicans*, *C.tropicalis*, *Torulopsis glabrata*, *Aspergillus Níger*, *Geotrichum* y *Rhodotorula*; pero no contra *Pseudomona aeruginosa*. Se ha evaluado la actividad antimicrobiana de los componentes aislados, así como el del aceite esencial. Los fenoles carvacrol y timol poseen los niveles más altos de actividad contra microorganismos gram negativos, excepto para *P. aeruginosa*, siendo el timol más activo (Sivropoulou, 1996). Otros compuestos, como el g-terpineno y r-cimeno no mostraron actividad contra las bacterias estudiadas. Los valores de la concentración mínima inhibitoria (CMI) para los aceites esenciales se han establecido entre 0.28-1.27 mg/mL para bacterias, y de 0.65-1.27 mg/mL para hongos (Aligiannis, 2001).

En el caso de *E.coli* O157:H7 existe una relación concentración/efecto a 625 ml/L con actividad bactericida después de 1 minuto de exposición al aceite, mientras que después de 5 minutos se requirieron 156 y 312 ml/L. Dicha acción antimicrobiana posiblemente se debe al efecto sobre los fosfolípidos de la capa externa de la membrana celular bacteriana, provocando cambios en la composición de los ácidos grasos. Se ha informado que las células que crecen en concentraciones subletales de carvacrol, sintetizan dos fosfolípidos adicionales y omiten uno de los fosfolípidos originales (Burt, 2003).

El extracto etanólico de una línea clonal de orégano inhibió la acción de *Listeria monocytogenes* en caldo y otros productos de carne. También se ha encontrado que el aceite esencial de orégano es muy valioso en la inhibición de *E. coli* O157:H7. Otros microorganismos como *Acinetobacter baumannii*, *Aeromonas veronii biogroup sobria*,

*Candida albicans*, *Enterococcus faecalis*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enterica subsp. enterica serotype typhimurium*, *Serratia marcescens* and *Staphylococcus aureus*, se han logrado inhibir gracias a la presencia de extractos de orégano (2% v/v) (Hammer, 1999).

### **Pimienta negra**

De la pimienta se sabe que es la reina de las especias, por fortuna se encuentra en casi todas las cocinas del mundo, pues además de su poder en la cocina, consumida moderadamente tiene poderes digestivos, le otorgan poderes antioxidantes y anticancerígenos gracias a sus aceites esenciales, así como cierta actividad antibacteriana. Un nuevo estudio realizado por el Departamento de Ciencias del Núcleo de la Universidad de Oriente de Monagas, que ha contado con la colaboración del Programa de Tecnología de Alimentos de la Escuela de Zootecnia de ese Núcleo de la UDO, lo reafirma y revela que los extractos etanólicos, clorofórmico y acuoso de la pimienta negra actúa como antimicrobiano contra bacterias Gram Positivas y Gram Negativas, especialmente contra *Escherichia coli* y *Proteus*, pero también inhiben la acción del estafilococo dorado y una cepa de *Salmonella*. Para medir el efecto antimicrobiano utilizaron la técnica de siembra masiva sobre placas de agar nutritivo con diferentes tipos de bacterias que pueden provocar enfermedades. Ahora los científicos estudian si la pimienta blanca, la verde o la roja ofrecen los mismos efectos. Aderezar nuestros platos con pimienta negra, sobre todo poco o nada cocinada, puede estar librándonos de contraer enfermedades que nos aportaría la misma alimentación, pues hay productos que tienen una carga microbiológica alta (Fernandez, 2007).

### **Compuestos fenólicos**

Compuestos fenólicos tales como los ácidos cafeico, clorogénico, p-coumárico, ferúlico y químico están presentes en partes de plantas que son usadas como especias. La actividad antimicrobiana de esos y otros ácidos como hidroxicinámico y cinámico pueden retardar la invasión microbiana así como también la putrefacción de frutas y vegetales. Bacterias Gram- positivas y Gram-negativas, mohos y levaduras comúnmente encontradas como organismos deteriorativos son sensibles a los

derivados del ácido hidroxicinámico. Los ácidos cafeico, ferúlico y p-coumárico, por ejemplo, inhiben *E. coli*, *S. aureus* y *B. cereus*. Otros compuestos fenólicos que han demostrado tener actividad antimicrobiana son los taninos y el ácido tánico. Este último por ejemplo es inhibitorio para *L.monocytogenes*, *E. coli*, *S. Enteritidis*, *S. aureus*, *A.hydrophila* y *S. faecalis* (Beuchat, 2001).

Compuestos fenólicos como los flavonoles, típicamente presentes en frutas y en el té verde, tienen actividad antibacteriana. Así, Puupponen y col. (2001) demostraron que myricetin, utilizado como compuesto químico puro, inhibió el crecimiento de bacterias ácido lácticas derivadas de la flora del tracto gastrointestinal de humanos, pero no afectó al crecimiento de *Salmonella*, mientras que extractos preparados directamente a partir de fresas, frambuesas y otras fueron fuertes inhibidores de *Salmonella* y *E. coli* (Raibaudi, et. al., 2006).

### **Extracto de canela**

El aldehído cinámico es un compuesto fenólico de algunas especies, incluyendo la canela, es generalmente admitido como seguro para su uso en alimentos y es usado en muchos alimentos como saborizante (Petroni, 2002).

El aldehído cinámico (3- fenil-2 propenal) es el principal componente antimicrobiano en la canela, no solo exhibe actividad antibacteriana sino que también inhibe el crecimiento de mohos y la producción de micotoxinas, Hitokoto et al., (1978) reportan que la canela tiene un fuerte efecto inhibitorio en mohos, incluyendo *Aspergillus parasiticus*, Bullerman (1974) también observa un efecto inhibitorio de la canela en *Aspergillus parasiticus*, reporta que de 1 a 2% de concentración de canela puede permitir algún crecimiento de *Aspergillus parasiticus*, pero también puede disminuir la producción de aflatoxinas en un 99%.

### **Aplicaciones del aldehído cinámico**

Los japoneses reportaron el uso de aldehído cinámico como un agente antimicrobiano en pasta de pescado. Estudios hechos por Lock y Borrad, en la universidad de Bath en el Reino Unido sobre las propiedades antimicrobianas del ácido cinámico en el laboratorio, han demostrado que el aldehído cinámico es

particularmente efectivo contra mohos y levaduras a pH ácidos. Los investigadores de Bath encontraron que el aldehído cinámico usado para sumergir o rociar, extiende la vida de anaquel de duraznos, peras, manzanas, chabacanos y nectarinas enteras, así como rebanadas de tomate, mango, melón, manzana, sandía, limón y kiwi. Sin embargo el tratamiento de algunas frutas con altas concentraciones de ácido cinámico causaron oscurecimiento en nectarinas, limas y peras (Roller, 1995).

Se ha reportado que el aldehído cinámico contiene un antimicótico natural, inhibiendo la producción de aflatoxinas (Hitokoto, 1978), el ácido cinámico y los derivados del aldehído cinámico provienen de plantas y frutas, y son formados como una protección natural contra infecciones y microorganismos patógenos (Mazza, et. al., 1993; Davidson, 1997).

El aldehído cinámico fue muy efectivo para prolongar la vida de anaquel de algunos productos de frutos importantes. Por ejemplo la vida de anaquel de rebanadas de tomate fresco almacenado a 4°C fue extendida de 42 a 70 días mientras que las rebanadas almacenadas a 25 °C tuvieron el doble de vida de anaquel de 21 a 42 días (Roller, 1995).

Se ha observado que las concentraciones en que se requieren los antimicrobianos naturales son más altas en alimentos que en medios de cultivo, dañando significativamente el sabor de los alimentos, por lo que su efectividad puede reforzarse por el uso de aditivos o combinaciones sinérgicas con otros compuestos, reduciendo así las concentraciones necesarias para lograr la eficacia deseada (Gould, 1996).

#### **Aldehídos y derivados**

Algunos aldehídos como el hexanal y su derivado trans-2-hexanal, que son moléculas naturalmente presentes en manzanas (compuestos volátiles característicos del aroma) han mostrado tener efectos antimicrobianos al aplicarlos en manzanas frescas, logrando aumentar su vida útil (Lanciotti, et. al., 1999; Corbo, et. al., 2000).

#### **Polisacáridos**

Recientemente se ha investigado el efecto inhibitorio de polisacáridos como el quitosán

(heteropolisacárido) que es un derivado deacetilado de la quitina, la cual es uno de los polímeros más abundantes en la naturaleza, encontrándose en organismos como crustáceos, insectos y hongos. Su efectividad como antimicrobiano fue investigada por Sebt y col., (2005) sobre *Aspergillus niger*, encontrando que una película con quitosán al 0.1% (p/v) inhibió totalmente el crecimiento del moho en placas de agar sabouraud (Fernández, 2007).

Debido a que el uso de sustancias antimicrobianas en frutas frescas cortadas en concentraciones suficientes para inhibir o eliminar los microorganismos deteriorativos o patógenos, puede ejercer una fuerte influencia sobre las características sensoriales del producto, se piensa que una combinación de antimicrobianos o de métodos de conservación como por ejemplo, el uso de temperaturas (Fernández, 2007).

#### **Eficacia de los agentes antimicrobianos**

Para la aplicación de los antimicrobianos de origen natural, se necesita comprobar su eficacia “in vitro”, en medios microbiológicos y en productos alimenticios. Las pruebas “in vitro” proporcionan información valiosa acerca de la efectividad de un compuesto, y pueden ser evaluados de igual manera, las variables que afectan a la actividad antimicrobiana, de la cual depende del tipo, género, especie y microorganismo a probar. Por ejemplo las esporas bacterianas son más resistentes al efecto de los antimicrobianos que las células vegetales. También el tipo de pared celular es un factor a considerar. Una variable asociada a la efectividad de un agente antimicrobiano en los alimentos, es el número inicial de los microorganismos en el sistema. Debido a que la mayoría de los antimicrobianos son bacteriostáticos más que bactericidas. Los agentes antimicrobianos de origen vegetal no contribuyen al desarrollo de cadenas de resistencia o alteran el ambiente del alimento de manera que crezcan otros organismos patógenos (Zaika, 1998).

Existe un numero importante de reportes acerca de la actividad antimicrobiana de extractos, aceites, especias y condimentos, es difícil obtener estimaciones cuantitativas y hacer comparaciones de sus efectos debido, al menos parcialmente, a la gran variedad de

métodos que se han utilizado para evaluar su efectividad (Zaika, 1998).

Algunos factores intrínsecos y extrínsecos o variables asociados a la aplicación de los agentes antimicrobianos a los alimentos se determinan en las pruebas “in vitro”. Estas incluyen temperatura, atmósfera, pH, potencial de oxidación-reducción y actividad de agua. Para el éxito de estas pruebas, se requiere que estos factores sean controlados, donde uno de estos, es el microorganismo en sí. Las variaciones de la preparación del antimicrobiano se debe a la pureza del disolvente utilizado así como del método de esterilización (por ejemplo calor, filtración por membrana). El tiempo de exposición debe ser cuidadosamente controlado para establecer resultados significativos.

El número inicial de microorganismos debe ser consistente para obtener resultados reproducibles. El efecto de la temperatura es muy importante durante la incubación y la exposición. En la mayoría de los casos, el incremento de la temperatura de la exposición incrementa la actividad de antimicrobiano. La temperatura de incubación debe ser la óptima para el microorganismo a probar. La composición de la atmósfera, juega un rol muy importante, es necesario definir si el microorganismo es anaerobio o no. La actividad de los antimicrobianos se ve afectada de igual manera por el pH, generalmente la actividad antimicrobiana de los ácidos orgánicos se atribuye principalmente a su forma no disociada (Beuchat y Golden, 1989).

Estas pruebas demuestran los problemas potenciales que se pueden encontrar en los sistemas alimenticios. Para el éxito de dichas pruebas, es necesario que las propiedades del agente antimicrobiano, se especifiquen dentro de un esquema de aplicación para conocer los propósitos del mismo (Beuchat y Golden, 1989).

#### **Métodos de prueba para la eficacia de los agentes antimicrobianos**

Los métodos que se utilizan para evaluar la actividad de los antimicrobianos, se pueden dividir en: pruebas “in vitro” y pruebas de aplicación. Estas últimas, también se conocen como “métodos de barrido” y pueden incluir

cualquier prueba en la que el compuesto no se aplica de manera directa al sistema alimenticio; generalmente, este tipo de pruebas, proveen información preliminar para determinar la eficacia del compuesto. Las pruebas “in vitro”, incluyen pruebas en las que el agente antimicrobiano se aplica directamente al producto (Raibaudi, et. al., 2006).

Davidson y Parish (1989) mencionan que para la aplicación de cualquiera de éstos métodos deben controlarse los demás factores que puedan intervenir en la respuesta del microorganismo (temperatura, pH, actividad de agua, nutrientes) y señalan que uno de los factores es el propio microorganismo, es decir depende del tipo, género, especie y cepa del organismo en prueba. El número inicial de células o esporas utilizadas durante los ensayos con el antimicrobiano debe ser consistente para asegurar que los resultados son reproducibles. En el caso de los antimicrobianos naturales Zaika (1988) señala que el medio en que se prueba su eficacia, la especie, aceite o extracto a evaluar y el microorganismo afectan significativamente los resultados de las pruebas.

En el cuadro 6 se muestra la clasificación de los métodos más utilizados para evaluar la eficacia de los compuestos antimicrobianos en los alimentos.

#### **Cuadro 6. Métodos para evaluar la eficacia de los antimicrobianos naturales (Davidson y Parish, 1989).**

- 
- **Métodos de evaluación de punto final**
  - o Difusión en agar
  - o Dilución en agar y caldo
  - o Gradiente en placa
  - o Pruebas para desinfectantes
  - **Métodos descriptivos**
  - o Ensayos turbidimétricos
  - o Curvas de inhibición y muerte
  - **Métodos aplicados**
  - o Punto final
  - o Curvas de inhibición y muerte
  - **Métodos para evaluar mezclas de sustancias**
- 

Un método ampliamente utilizado para la evaluación de los antimicrobianos naturales es el conocido como “zona de inhibición” (Zaika, 1988), se trata de un método sencillo, sin embargo el efecto inhibitorio del compuesto que se va a evaluar, dependerá de su habilidad

para difundirse en el medio. Este método, cae en los de la clasificación de los llamados de punto final y se le conoce como “ensayo de disco”. Uno de los requisitos para obtener resultados confiables y repetibles es que el microorganismo a evaluar se desarrolle rápida y uniformemente (Davidson y Parish, 1989).

### **Efectos de mezclas de antimicrobianos**

Cuando se combinan dos o más antimicrobianos, pueden suceder tres efectos. Primero puede haber un efecto aditivo, como lo define Barry (1976), “el efecto combinado es igual a la suma de los efectos observados con los agentes probados individualmente o igual al agente más activo en la combinación”. El efecto aditivo ocurre cuando la actividad microbiana del compuesto no aumenta ni disminuye con la presencia de otro agente. El segundo efecto es el sinergismo, “el efecto que se observa con una combinación es mayor que la suma de los efectos observados de los agentes probados individualmente”. El sinergismo se refiere al incremento de la actividad antimicrobiana de un compuesto con la presencia de un segundo agente antimicrobiano. Por último también puede ocurrir el efecto antagónico. El antagonismo ocurre cuando la actividad antimicrobiana de un compuesto es reducida con la presencia de un segundo agente antimicrobiano (Davidson y Parish, 1989).

Un método para saber el tipo de interacción que siguen los antimicrobianos es el uso de isobologramas. Estos diagramas se realizan usando los datos de CMI (concentraciones mínimas inhibitorias) directamente o calculando las CFI (concentraciones fraccionarias inhibitorias). Si los dos compuestos son aditivos, el resultado es una línea recta entre los ejes X y Y. Sinergismo indica una desviación a la izquierda de la línea de aditividad, antagónico es una desviación de la curva hacia la derecha de la línea de aditividad (Davidson y Parish, 1989).

### **Uso de isobologramas**

Los isobologramas son utilizados para definir si existe actividad aditiva, antagónica o sinérgica. En un isoblograma se grafican el CFI del agente A contra el agente B. La línea recta representa aditividad entre los antimicrobianos, la mezcla es sinérgica si el isoblograma es cóncavo (por debajo de la

línea de aditividad) y es antagónico si es convexo (por arriba de la línea de aditividad). Este criterio igual se aplica en mezclas de 2 o más agentes (Berenbaum, 1978).

### **Futuro de los antimicrobianos de origen natural**

El futuro de los antimicrobianos de origen natural, se encuentra determinado por la actitud del consumidor actual ante los conservadores químicos. Los antimicrobianos de origen natural, se consideran como fuentes potencialmente seguras, pero su uso real en los productos alimenticios, se ha establecido para pocos casos. Cualquiera de estos extractos, deberá ser sometido a rigurosos estudios toxicológicos. La legislación de muchos países, ha sido modificada para hacer extensiva el uso de cantidades mínimas de conservadores de origen químico para la próxima década. Este avance en material legislativa, hacia estrategias no químicas puede favorecer sus probabilidades y ventajas económicas (Hernández, 2003).

## **CONCLUSIONES**

La estabilidad y seguridad de estos productos, se basa fundamentalmente en la conservación mediante la adición de agentes microbianos naturales, esto es debido a que el uso de los agentes antimicrobianos sintéticos han presentado problemas en el ser humano, es por ello que se ha generado la necesidad de buscar alternativas de conservación que cubran las mismas propiedades antimicrobianas y compatibilidad con el alimento. Sin embargo hay mucho por descubrir, para así poder obtener productos más sanos, nutritivos y con mejor características.

La calidad de las frutas y hortalizas tratados con agentes antimicrobianos naturales vegetales dependerá en gran manera de la baja concentración del agente utilizado (como es el caso del aldehído cinámico) para dar tratamiento antimicrobiano a las frutas y hortalizas.

El uso de esta novedosa tecnología (antimicrobianos naturales vegetales), significaría una opción productiva para empresarios en diversas regiones de nuestro país, así como una importante fuente de empleos, es decir que este tipo de tecnología

impulsa la posibilidad de comercializar los productos regionales hacia otros estados de la república y por que no, hacia otros lugares del mundo.

La legislación de muchos países, ha sido modificada para hacer extensiva el uso de cantidades mínimas de conservadores de origen químico para la próxima década. Este avance en materia legislativa, hacia estrategias no químicas puede favorecer sus probabilidades y ventajas económicas.

#### LITERATURA CITADA

- Aligiannis N, Kalpoutzakis E, Mitaku S, Chinou IB. **Composition and antimicrobial activity of the essential oils of two *Origanum* species.** J. Agric. Food Chem. 2001; 49: 4168-4170.
- Álvarez-Parrilla, 2006. **Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas.** Disponible en: [http://www.ciad.mx/dtaov/XI\\_22CYTED/images/files\\_pdf/brasil/olga.pdf](http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/images/files_pdf/brasil/olga.pdf), [Consulta 09/ Nov. /2007]
- Alzamora, S.M. 1997. **Preservación. Alimentos conservados por factores combinados.** En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN.P. 45-48.
- Ayala-Zavala J.F., (2005). **Los aceites esenciales poseen propiedades antimicrobianas, uno de los más estudiados es el aceite de ajo, aplicación en productos vegetales.** Disponible en [http://www.alfa-editores.com/web/index.php?option=com\\_content&task=view&id=713](http://www.alfa-editores.com/web/index.php?option=com_content&task=view&id=713) [Consulta 13/Dic. / 2007]
- Beuchat, L.R. y Golden, D.A. 1989. **Antimicrobials occurring naturally in foods.** Food Technol. 43(1): 134-142.
- Beuchat, L.R. 2001. **Control of foodborne pathogens and spoilage microorganisms by naturally occurring antimicrobials.** En: Microbial Food Contamination. Wilson CL, S Droby. (Ed.). CRC Press. London, UK. Chap. 11: 149-169.
- Blanchard J., 2000. **Los antimicrobianos naturales refuerzan la seguridad en los alimentos.** Disponible en:<http://www.directoalpaladar.com/2006/10/28-los-antimicrobianos-naturales-refuerzan-la-seguridad-en-los-alimentos> [Consulta 28/Oct./2007]
- Burt SA, Reinders RD, **Antibacterial activity of selected plant essential oils against *Escherichia coli* O157:H7.** Lett Applied Microbiol. 2003; 36: 162-167.
- Davidson, P.M. 2001. **Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds.** En: Food Microbiology: and Fundamentals and frontiers, 2 Ed. Doyle MP, LR Beuchat, TJ Montville (Eds.). ASM Press, Washington, D.C., USA. Chap. 29: 593-627
- Davidson, P.M. y Branen, A.L. (Eds.). 1993. **Antimicrobials in foods.** Marcel Dekker, Inc New Cork. Citado en: López-Malo, A.2000. La preservación multiobjetivo de Alimentos:
- Del Valle, E. M., (2003). **Preservación de frutas y hortalizas, mediante métodos artesanales.** Disponible en: <http://www.oce.tif.org/buenaspractic.html> [Consulta 03 /Nov. /2007]
- Efecto de Factores Tradicionales y Emergentes en la Respuesta de *Aspergillus flavus*.** Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Fernandez, T. **Componentes de la pimienta negra con efectos antimicrobianos, caracas Venezuela.** junio, 2007.
- Gould, G.W. 1989. **Drying, raised osmotic pressure and low water activity.** En: G.W. Gould (Ed.). Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures, pp. 97. Elsevier Applied Science, London. Citado en: Alzamora, S.M. 1997. Preservación. Alimentos conservados por factores combinados. En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN.P. 45-48.
- Hammer KA, Carson CF, Riley TV. **Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts.** J. Appl. Microbiol. 1999; 86 (6): 985-990.
- Hernández, P.L.C. 2003. **Actividad inhibitoria y letal de los extractos de ajo para *E. coli* y *L. innocua*.** Tesis de Licenciatura. Universidad de Las Américas. [http://www.catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lia/hernandez\\_p\\_ld/capitulo4.pdf](http://www.catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/hernandez_p_ld/capitulo4.pdf)
- Hitokoto, H., Morozumi, S., Wauke, T. Sarcai, 1978. **Inhibitory effects of apices on growth and toxin production of toxigenic fungi.** Appl. Environ. Microbiol. 39:818-822.
- Ismaiel, A. y Pierson, M.D. 1990. **Inhibitory of growth and germination of *C. Botulinum* 33A, 40B Y 1623E by essential oil of apices.** J. Food Sci. 55(6):1676.
- Jay,J.M. 1991. **Modern Food Microbiology.** Chapman y Hall. New Cork.
- Leistner, L. y Rodel, W. 1976. **The stability of immediate moisture foods with respect to microorganism.** En: Intermediate Moisture Foods. R. Davies, G-G. Birch, K.J. Parker (Eds.). Applied Science Publishers Ltd., London. p. 120. Citado en: Alzamora, S.M.

1997. Preservación. Alimentos conservados por factores combinados. En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN.P. 45-48.
- Leistner L., (2006). **Tecnologías Emergentes de Conservación de Alimentos, técnica.** Disponible en: <http://www.alimentatec.com/muestrapaginas.asp-contenido-content=+pdf> [Consulta 03 /Nov. /2007]
- López-Malo, A. 2000. **La preservación multiobjetivo de Alimentos: Efecto de Factores Tradicionales y Emergentes en la Respuesta de *Aspergillus flavius*.** Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- Matamoros, L., (1998). **Aumenta el uso de antimicrobianos naturales en la UE para garantizar la seguridad de los alimentos manteniendo sus características.** Disponible en: <http://www.salud7.com.mx/nutricion/2006/12/antimicrobianos-naturales-y-conservacin.html> [Consulta 28 / Oct. /2007]
- Mossel, D.A.A. e Igram, M. 1995. **The Physiology of the Microbial Spoilage of Foods.** J. Appl. Bacteriol., 18:232. Citado en: Alzamora, S.M. 1997. Preservación. Alimentos conservados por factores combinados. En: J.M. Aguilera (Ed.). Temas en tecnologías de Alimentos.1. México. CYTED.IPN.P. 45-48.
- Mussel, D. 1983. **Microbiología de los Alimentos.** Ed. Acribia, España.
- Nychas, G.J.E. 1995. **Natural Antimicrobials from plants.** En: New Methods of food preservation. G.W. Gould (Ed.). Blakie Academia y Professional. Glasgow. p. 1-21. Citado en: Welti-Chanes, J., Vergara-Balderas, F., y López-Malo, A. 1997. Minimally Processed foods state of the Art and Future. En: P. Fito., E. Ortega-Rodriguez y G. Barbosa-Canovas (Eds.). Food Engineering 2000. E.U.A. Chapman y Hall. pp. 181-212.
- Nychas, G.J.E., P.N., Skandamis, C.C., Tassou. 2003. **Antimicrobials from herbs and spices.** En: Natural Antimicrobials for the Minimal Processing of Foods. Roller S. (Ed.). CRC Press. Washington, D.C. Chap. 9: 177-199.
- Petrone, P.V., (2006). **La principal causa de deterioro de los alimentos es el ataque por diferentes tipos de microorganismos.** Disponible en: <http://es.geocities.com/picodelobo/conservantes.html> [Consulta 13/Dic./2007]
- Raibaudi, R.M., Fortuna, R.S., Belloso, O.M., 2006. **Uso de agentes antimicrobianos para la conservación de frutas frescas y frescas cortadas.** Universidad de Leida. Disponible en: [http://www.ciad.mx/dtaov/XI\\_22CYTED/images/files\\_pdf/brasil/olga.pdf](http://www.ciad.mx/dtaov/XI_22CYTED/images/files_pdf/brasil/olga.pdf). [Consultado: 16 de marzo del 2007]
- Roller, S.P., Seedhar. 2002. **Carvacrol and cinnamic acid inhibit microbial growth in fresh-cut melon and kiwifruit at 4° and 8°C.** *Letters Appl. Microbiol.* 35: 390-394.
- Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J.A. 2007. **Antifungal Activities of Thyme, Clove and Oregano Essential Oils.** J Food Safety 27:91-101.
- Welti-Chanes, J. 1995. **Investigación en ciencia y tecnología de alimentos: estado actual y desarrollo futuro en la conservación y procesamiento de alimentos.** Cuadernos de Nutrición. 21(4):21-28.

**Elvia Nereyda Rodríguez Saucedo**

Egresada de la carrera de Ingeniería Bioquímica en Alimentos, por el Instituto Tecnológico de Los Mochis. Correo: enrodriguez@gmail.com.