

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La escasez de alimentos y el constante crecimiento de la población ha hecho que se produzca un abuso en cuanto a la utilización de los suelos del país.

En la actualidad la creciente demanda de alimentos está exigiendo a los productores agrícolas aumentar su producción, éstos explotan al máximo los suelos, dejándolos infértiles y erosionados, ocasionando de esta manera que se reduzcan los espacios en los cuales se pueda realizar la agricultura. La poca disponibilidad de opciones alimenticias ha hecho que la población sufra de enfermedades debidas al desbalance de los nutrientes esenciales del cuerpo.

La acelerada reducción de las tierras fértiles y aptas para el desarrollo normal de la agricultura han dejado a varias familias en la desocupación, teniendo éstas que migrar a la ciudad a buscar trabajo y abandonando así el campo.

La tuna es una especie vegetal de crecimiento rápido, resistente a condiciones adversas de clima y suelo, proporciona el cultivo adecuado para recuperar suelos y se adapta con gran facilidad a lugares en donde cualquier otro tipo de cultivo no responde.

El progresivo proceso de la desertificación en todas las tierras fértiles a nivel mundial hace que la búsqueda de alternativas para producir alimentos de calidad y saludables sea difícil, sin embargo el cultivo de la tuna permite obtener un alimento de gran valor nutricional, sabroso, apto para el consumo humano y

animal además de ser un alimento medicinal; sus propiedades en cuanto a frutos, gran cantidad de agua y a que la producción de tuna no requiere de la aplicación de ningún tipo de químico hace imperiosa la necesidad de realizar investigación sobre este importante cultivo, ya que representa una alternativa de producción para las comunidades en las cuales sus suelos han sido parcialmente devastados, de esta manera se estaría incrementando la alternativa alimenticia (frutos, hojas) tanto humana como animal y sobre todo restablecer la producción campesina a nivel de zonas erosionadas.

Las bondades de sus frutos tales como el uso de éstos para el tratamiento de la gastritis o que puede ser consumido por los diabéticos sin causar problema alguno, el uso de sus flores para tratar el cáncer de próstata, así como una fuente de ingresos a través de la obtención de materiales como películas adherentes o la utilización como cercas vivas, son poco conocidas, por esta razón es menester dar la adecuada importancia a esta especie y así determinar la mejor adaptación y producción que pueda dar.

En los sectores de Imbaya y de Chaltura existe escasez de alimentos además de una economía muy reducida y falta de trabajo; pero existen terrenos que por sus características semiáridas son aparentemente inservibles para las prácticas agrícolas, es aquí en donde el cultivo de la tuna presenta todas sus bondades ya que puede solucionar la economía dando trabajo a los habitantes de esta zona, creando una fuente de ingresos con la venta de sus frutos y materia prima, abasteciendo de alimentos a todos sus pobladores, aprovechando los terrenos que han sido abandonados y así mejorar el estado de vida de los habitantes de este sector.

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el comportamiento inicial de dos variedades de tuna en dos localidades de la provincia de Imbabura.

Los objetivos específicos que se plantearon fueron: analizar el comportamiento inicial de las dos variedades de tuna a los seis meses de establecida la plantación

en cada localidad; cuantificar los factores iniciales de crecimiento (prendimiento, tamaño de los cladodios, número de brotes) de dos variedades de tuna en dos localidades; determinar las semejanzas y diferencias entre las dos variedades durante su manejo, y, analizar la influencia del abono orgánico (compost) en el comportamiento inicial de cada variedad de tuna.

La hipótesis que se propuso en la investigación realizada fue que el comportamiento inicial de las dos variedades de tuna se ve influenciado por el aporte de abono y por el tipo de clima y suelo en el cual se realiza su cultivo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Según Ackerman *et al* (1995), La tuna (*Opuntia ficus – indica* (L.) Millar). presenta las siguientes características:

2.1.1. Taxonomía:

Reino	Vegetal
División	Magnoliophyta (Angiospermae)
Clase	Dicotyledonae
Orden	Opuntiales
Familia	Cactaceae
Nombre científico	<i>Opuntia ficus - Índica</i>

2.1.2. Referencia histórica y producción:

Martínez (1987) en sus estudios epidométricos de *Pinus* asevera que la tuna es originaria de América, que fue llevada por los españoles a Europa y desde allí

distribuida hacia otros países del mundo. Esta gran dispersión geográfica dió origen a muchos ecotipos con características locales propias. (p. 12)

Los principales productores mundiales son México, Italia, España, el norte de África Chile y Brasil, país donde se la cultiva sólo para forraje. (p. 35)

Según Anaya, (1989) en los últimos años el avance de la desertificación junto a la urgente necesidad de cultivos capaces de desarrollo sustentable y de valor para zonas áridas y semiáridas, aumentaron el interés por la tuna. (p. 6)

La producción de este fruto está incrementando y los principales países interesados son México, Italia, España y Sudáfrica. (p. 7)

Estudios realizados por Boyas, (1992) demuestran que la producción mundial de tuna fue estimada en 400.000 toneladas, siendo México e Italia los mayores productores. (p. 11)

El rendimiento en distintos países varía desde 4 t/ ha, Heike (1997), hasta 45 t/ ha, Viguera (1997). El principal motivo de estas diferencias probablemente se deba a las diferentes técnicas de manejo y diseños de cultivo implementados en cada lugar.

La Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología de México (1989) asevera que la productividad de las plantas depende del efecto acumulativo de muchos factores sobre el crecimiento. El crecimiento puede estar limitado por la disponibilidad de agua y nutrientes en el suelo y por el flujo de luz fotosintética. Las técnicas de manejo apuntan a optimizar esos factores para maximizar la productividad y mejorar la calidad de los frutos. (p. 24)

En México, los frutos se destinan al consumo humano, tanto en forma fresca como para la elaboración de productos regionales (dulces, arropes). Las pencas son utilizadas como forraje, siendo un recurso muy valioso en épocas de sequía y baja disponibilidad forrajera para el ganado. (p. 43)

El nombre *Cactus* se deriva del griego *kaktos*, género descrito por Carlos Linneo. Los frutos del nopal son comestibles y se conocen como tunas. (p. 62)

2.1.3. Sinonimia: En Argentina, Chile, Bolivia y Perú: tuna, nopal, en España: chumbera, higos de la India o higo chumbo, en EE.UU.: prickly – pear (pera espinosa), Higuera chumba, ficus en latín. (p. 4)

2.1.4. Características botánicas:

Para Abundiz-Bonilla *et al* (1990), las características botánicas de la tuna son:

2.1.4.1. - Tallo: El tallo y las ramas están constituidos por pencas o cladodios con apariencia de cojines ovoides y aplanados, unidos unos a otros, pudiendo en conjunto alcanzar hasta 5 m de altura y 4 m de diámetro. En el Perú las variedades más usuales desarrollan portes de aproximadamente 1,5m de altura. El tallo, a diferencia de otras especies de cactáceas, está conformado por tronco y ramas aplanadas que posee cutícula gruesa de color verde de función fotosintética y de almacenamiento de agua en los tejidos. (p. 27)

2.1.4.2. - Hojas: Las hojas caducas sólo se observan sobre tallos tiernos, cuando se produce la renovación de pencas, en cuyas axilas se hayan las aérolas de las cuales brotan las espinas, de aproximadamente 4 a 5 mm de longitud. Las hojas desaparecen cuando las pencas han alcanzado un grado de desarrollo y en cuyo lugar quedan las espinas. (p. 28)

2.1.4.3. - Flores: Las flores son solitarias, localizadas en la parte superior de la penca, de 6 a 7 cm de longitud. Cada aérola produce por lo general una flor, aunque no en una misma época de floración, unas pueden brotar el primer año, otras el segundo y tercero. Las flores se abren a los 35 a 45 días de su brotación. Sus pétalos son de colores vivos: amarillo, anaranjado, rojo, rosa. Sépalos numerosos de color amarillo claro a rojizo o blanco. (p. 29)

2.1.4.4. - Frutos: El fruto es una baya polisperma, carnosa, de forma ovoide esférica, sus dimensiones y coloración varían según la especie; presentan espinas

finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud. Son comestibles, agradables y dulces. El fruto es de forma cilíndrica de color verde y toma diferentes colores cuando madura; la pulpa es gelatinosa conteniendo numerosas semillas. (p. 31)

2.1.5. Ecofisiología

Las bases fisiológicas de el éxito ecológico y la utilidad agrícola de *Opuntia* como forraje son en gran medida el reflejo de su modalidad diaria de apertura de los estomas (los estomas son poros microscópicos encontrados en la superficie de las hojas y tallos que regulan el intercambio de gases entre la planta y su ambiente). La mayoría de las plantas tienen un patrón diurno de apertura estomatal, de tal manera que la entrada de CO₂ ocurre simultáneamente con la fotosíntesis, la cual usa la energía de la luz para incorporar el CO₂ de la atmósfera hacia carbohidratos. Las plantas como *Opuntia ficus-indica*, sin embargo, abren sus estomas en la noche, de modo que la entrada de CO₂ y la pérdida de vapor de agua asociada ocurren en la parte más fresca del ciclo de 24 horas.

Este patrón de intercambio de gases es conocido como Metabolismo Ácido de las Crasuláceas (CAM) debido a que ha sido estudiado extensamente en las Crasuláceas, aunque aparentemente se haya reconocido primeramente en las Cactáceas (Nobel, 1995).

2.1.5.1. Intercambio diario de gases

O. ficus-indica absorbe CO₂ principalmente en la noche (Figura 1). Bajo condiciones de humedad y temperatura moderada, la entrada neta de CO₂ es positiva en la tarde, cuando decrece substancialmente la temperatura del día, y alcanza su valor máximo pocas horas después del crepúsculo. Generalmente, un pico pequeño de entrada de CO₂ ocurre al amanecer, cuando la disponibilidad de luz permite la incorporación de CO₂ hacia carbohidratos usando el mecanismo C₃ de fotosíntesis durante la parte más fresca del día.

El patrón diario de pérdida de vapor de agua vía transpiración para *O. ficus-indica* es similar al patrón de entrada neta de CO₂, reflejando el requerimiento de una

apreciable apertura estomatal para obtener un intercambio substancial de cualquiera de los gases con el ambiente. (p. 49).

El CO₂ obtenido por la planta CAM en la noche es incorporado a un compuesto de 3 carbonos, para formar ácido málico, una molécula orgánica de cuatro carbonos. Los ácidos orgánicos acumulados son almacenados durante la noche en grandes vacuolas dentro de las células del clorénquima (la región verdosa que contiene la clorofila), de modo que el tejido se torna progresivamente más ácido durante el curso de la noche.

El CO₂ es liberado de los ácidos orgánicos durante el siguiente ciclo diurno causando una reducción de la acidez. Esta liberación de CO₂ -que es prevenida en la planta CAM por el cierre de estomas durante el día-, es incorporada hacia productos de fotosíntesis en las células del clorénquima en presencia de luz.

La oscilación diaria de la acidez, característica de las plantas CAM, requiere de vacuolas grandes para la captura y el almacenamiento breve de ácidos orgánicos. (p. 50-54)

2.1.5.2. Eficiencia del uso del agua

Un índice útil del beneficio/costo del intercambio gaseoso de las plantas es la tasa de CO₂ fijado por la fotosíntesis en relación al agua perdida por transpiración, el cual es conocido como eficiencia de uso del agua (EUA).

Para los datos de intercambio gaseoso presentados en la Figura 1, la absorción neta de CO₂ integrada sobre un período de 24 horas es de 1,14 mol/m²/día y la pérdida de agua es de 51.3 mol/m²/día. De ésta manera la EUA es de 0,022 mol de CO₂ fijados por mol de agua perdida para esta planta CAM.

Este valor de EUA es el triple de los valores encontrados en plantas C₄ altamente productivas (tales como maíz o caña de azúcar) bajo condiciones ambientales similares. Las plantas C₄ tienen una absorción diurna neta de CO₂ inicial hacia ácidos orgánicos de cuatro carbonos, y cinco veces más grande que para plantas

C₃ altamente productivas (alfalfa, algodón o trigo), los cuales absorben CO₂ durante el día y cuyo producto inicial de fotosíntesis es un compuesto de 3 carbonos, esto según Nobel (1995).

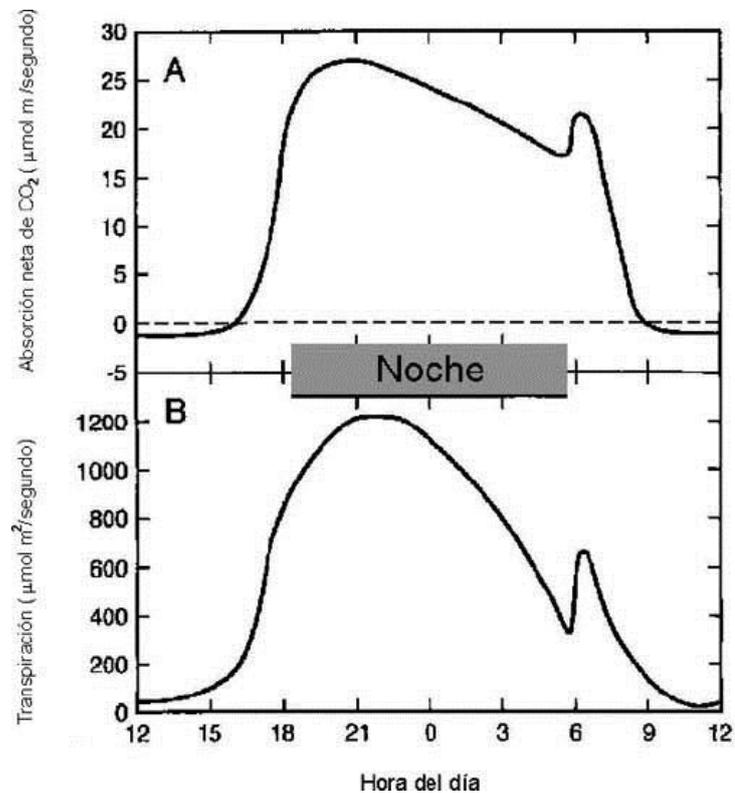


Figura 1. Absorción neta de CO₂ y transpiración de *Opuntia ficus-indica* sobre un período de 24 horas en condiciones de suelo húmedo temperaturas moderadas y alta luminosidad (Fuente: Nobel 1995)

Nobel (1995) recalca que la alta EUA de las plantas CAM se relaciona con la reducida diferencia de concentración de vapor entre la planta y la atmósfera durante el período de máxima apertura substancial. En particular el contenido de vapor de agua en las hojas y en los tallos esta dentro del valor de 1 por ciento del valor de saturación en aire a la temperatura del tejido; la temperatura del tejido tiende a ser mucho mas baja en la noche, y el valor de saturación de vapor de agua del aire se incrementa exponencialmente con la temperatura.

Por ejemplo, el contenido de vapor de agua para el aire a saturación es de 0,52 mol/m³ a 10 °C, 0,96 mol/m³ a 20 °C y 1,69 mol/m³ a 30 °C. Si el contenido de

vapor de agua en el aire es de $0,38 \text{ mol/m}^3$ (40 por ciento de humedad relativa a $20 \text{ }^\circ\text{C}$) entonces la caída en la concentración de vapor de agua de la planta en relación con la atmósfera, la cual representa la tensión para la pérdida de agua de la planta, es la diferencia entre $0,52$ y $0,38$, ó $0,14 \text{ mol/m}^3$ a $10 \text{ }^\circ\text{C}$; $0,96-0,38$, o $0,58 \text{ mol/m}^3$ a $20 \text{ }^\circ\text{C}$; y $1,69-0,38$, ó $1,31 \text{ mol/m}^3$ a $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Para el mismo grado de apertura estomatal, la tensión necesaria para la pérdida de agua es entonces $0,58/0,14$, 4.1 veces más alta a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ que a $10 \text{ }^\circ\text{C}$, y $1,31/0,58$ o 2.3 veces más alta a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ que a $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Debido a que la temperatura promedio del tejido típicamente es al menos 10 mas baja en la noche que durante el día en muchas localidades, las plantas CAM tienden a perder únicamente 20 a 35 por ciento de la pérdida mostrada por plantas C_3 o C_4 para una apertura estomatal determinada. Esta es la característica clave para su utilidad como cultivo forrajero en regiones áridas y semiáridas.

2.1.5.3. Relaciones hídricas

Según los estudios realizados por Nobel (1995) además de usar el mecanismo CAM –con el consecuentemente alto EUA-, *O. ficus-Indica* presenta otras adaptaciones que ayudan a la conservación del agua en la planta. Por ejemplo, la cutícula cerosa sobre sus tallos es relativamente gruesa, generalmente de 5 a $30 \text{ }\mu\text{m}$. Esto ayuda a prevenir la pérdida de agua de las plantas hacia el ambiente. Adicionalmente la densidad estomatal es usualmente baja para la *Opuntia*, generalmente 20 a 30 estomas por milímetro cuadrado. Consecuentemente la fracción del área de los tallos a través del cual el agua puede moverse de las plantas a la atmósfera es relativamente baja.

Además, los tallos contienen un gran volumen de de parénquima esponjoso de color blanquecino que almacena agua, el cual actúa como reserva para el clorénquima, donde la fijación inicial de CO_2 durante la noche vía el mecanismo CAM mientras que la fotosíntesis tiene lugar durante el día. Por ejemplo durante una sequía que dura tres meses, el clorénquima en los tallos de *O. ficus-indica* decrece en grosor 13 por ciento mientras que el parénquima almacenador de agua

decrece 50 por ciento en grosor, indicando una mayor pérdida de agua de este tejido (Nobel, 1995). Como otra adaptación, las raíces de *O. ficus-indica* tienden a ser superficiales, a una profundidad media de 15 cm, facilitando una respuesta rápida a las lluvias ligeras.

Por ejemplo, puede formar raíces nuevas dentro de las 24 horas posteriores al humedecimiento de un suelo seco. Sus variadas estrategias de conservación de agua permiten la presencia de un sistema radical pequeño; de hecho, las raíces componen solamente un 12 por ciento del total de la biomasa de *O. ficus-indica*. (p. 71)

La sequía, que comienza fisiológicamente cuando las plantas ya no pueden obtener agua del suelo (debido a que el potencial hídrico del suelo es menor que el potencial hídrico de la planta), conduce a una reducción en la capacidad de los tallos para obtener agua de la atmósfera (figura 2).

Muy poco cambio en la capacidad neta para obtener ocurre durante la primera semana de sequía para *O. ficus-indica* reflejando el almacenamiento de agua en el tallo y los bajos requerimientos inherentes del mecanismo CAM también la cutícula cerosa y la baja densidad estomatal permite hasta un 20 por ciento de la absorción máxima neta de CO₂ inclusive un mes después de que la planta este sometida a condiciones de sequía; después de dos meses, una pequeña pérdida diaria neta de CO₂ ocurre, cuando la respiración se torna mayor a la fotosíntesis neta, mientras que los cultivos tipo C3 y C4 presentan pérdidas netas de CO₂ una semana después del comienzo de la sequía. Así, la capacidad de absorción neta de *O. ficus-indica* -y ciertas otras plantas CAM- esta extremadamente adaptada a regiones áridas y semiáridas. Sin embargo, el agua del suelo es el mayor factor limitante de la absorción neta de CO₂ por *O. ficus-indica* en tales regiones, donde el riego no es económicamente factible. (p. 75)

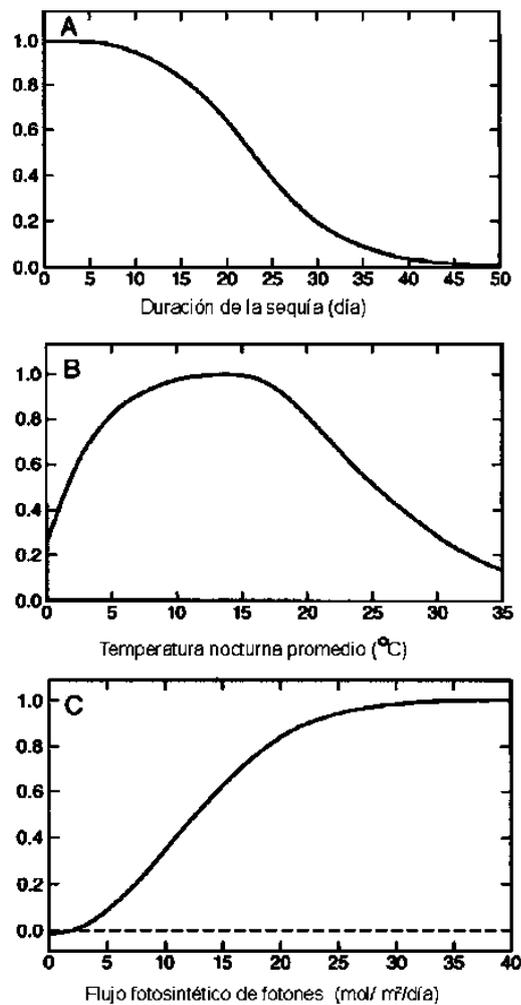


Figura 2: Influencia de la duración de la sequía (A) temperatura nocturna (B) y luz (C) sobre la absorción neta de CO₂ en un periodo de 24 horas para *O. ficus-indica* Excepto cuando se indica, las plantas están bien regadas, mantenidas durante la noche temperaturas cercanas a 15°C y tuvieron una FIF cercano a 25 mol/m² (día en los cladodios) (Fuente: Nobel, 1995)

2.1.5.4. Relaciones de temperatura

Nobel (1995) destaca que la temperatura no solamente afecta los procesos metabólicos y la absorción neta de CO₂ sino que las temperaturas extremas pueden inducir daños y aun la muerte de las plantas. En este aspecto *O. ficus-indica* es extremadamente tolerante a temperaturas altas del aire, pero no a temperaturas substancialmente abajo del punto de congelación. Cuando las plantas son aclimatadas a temperaturas altas del aire en los ciclos día/ noche de 50/40 °C,

las células del clorénquima no son seriamente dañadas por la exposición de una hora a 60 °C, y la mayoría de las células sobrevive 1 hora a 65 °C. (p. 77)

Del hecho, el daño por temperatura alta en *O. ficus-indica* es generalmente observado únicamente a nivel del suelo, donde las temperaturas en los desiertos pueden alcanzar 70 °C ; las plantas jóvenes o recién plantadas son especialmente vulnerables al daño. En contraste el daño celular en el campo ocurre a temperaturas de congelación de 5 a 10 °C. El daño varía con el cultivar, con la rapidez con la que se establece la congelación, de aquí que el tiempo para aclimatarse a la baja temperatura o “endurecimiento” y con el contenido de agua en el tallo, debido a que un bajo contenido de agua conduce a una mejor tolerancia a temperaturas bajas de el aire y el tallo, esto nos dice Nobel (1995).

Debido a que la absorción de CO₂ en las plantas CAM ocurre durante la noche, las temperaturas nocturnas son mucho mas importantes que las diurnas para la absorción neta de CO₂ de *O. ficus-indica*. Adicionalmente la temperatura nocturna óptima es relativamente baja, 15 °C, y temperaturas de 5 a 20 °C conducen a un mínimo del 80 por ciento de la entrada neta de CO₂. Temperaturas tan bajas también se asocian con bajas tasas de transpiración. En *O. ficus-indica* conforme las temperatura nocturna se eleva, los estomas tienden a cerrar; por ejemplo a 30 °C los estomas solamente abren un 30 por ciento de lo que abren a 20 °C, lo que ayuda a reducir la entrada neta de CO₂ a la más alta temperatura (Figura 2). (p. 83)

Excepto para temperaturas nocturnas substancialmente debajo de la de congelación o arriba de 30 °C, la temperatura no es generalmente un factor limitante de importancia para la absorción de CO₂ de *O. ficus-indica*, especialmente durante las estaciones cuando la lluvia esta disponible, lo cual es afortunado, debido a que la manipulación de la temperaturas del aire en el campo es cara. (p. 86)

2.1.5.5. Relaciones de luz

Según Nobel (1995) otro parámetro ambiental que afecta la entrada neta de CO₂ es luz, la luz incidente sobre los tallos individuales puede ser manipulada fácilmente mediante el espaciamiento entre plantas, aunque las ventajas ocurren entre maximizar CO₂ neto por planta contra CO₂ neto por unidad de área. Los tallos de *O. ficus-indica* son opacos, contrario al caso de las hojas de la mayoría de las plantas C₃ y C₄, y la orientación de ambas caras debe ser considerada cuando se evalúa absorción de luz. Asimismo, la luz que es relevante se absorbe por los pigmentos fotosintéticos, principalmente la clorofila, la cual es referida como el flujo fotosintético de fotones (FFF; 400-700 nm; también conocida como la densidad de flujo fotosintético de fotones y radiación fotosintéticamente activa (RFA). (p. 97)

Cuando las plantas son mantenidas en la obscuridad, solamente ocurre respiración, y hay una pérdida ligera de CO₂. Conforme la FFF se incrementa, la entrada neta de CO₂ en *O. ficus-indica* aumenta. La saturación de luz se aproxima con un valor total diario de 25 mol/m²/día (Figura 2). Debido a la naturaleza opaca de los cladodios, algunas de sus caras no se orientan favorablemente con respecto a la intercepción de luz solar; también el sombreado entre plantas reducirá la absorción neta de CO₂. Así, la entrada neta de CO₂ por planta es mayor cuando las plantas están lejos unas de otras y no se somborean. Sin embargo, la entrada neta de CO₂, la productividad por unidad de área es mínima. Si las plantas están muy juntas el sombreado es excesivo y la mayor parte del área de cladodios recibe menos de 5 mol/m²/día de FFF, valor para el cual la entrada neta de CO₂ es significativamente reducida.

2.1.5.6. Relaciones nutrimentales

Los estudios realizados por Nobel (1995) han descrito que la absorción neta de CO₂ y la productividad de *O. ficus-indica* son influenciadas por los macronutrientes y micronutrientes del suelo, así como la salinidad y la textura del suelo. Por ejemplo, el crecimiento en un suelo areno-limoso es aproximadamente

el 25 por ciento del máximo a un contenido de nitrógeno de 0,03 por ciento de la materia seca, 50 por ciento del máximo a 0,07 por ciento, 75 por ciento del máximo a 0,15 por ciento de N, y se aproxima al máximo cerca del 0,3 por ciento N debido a que el contenido de N en los suelos arenosos nativos de las regiones áridas y semiáridas se encuentra generalmente por debajo del 0,07 por ciento, la fertilización nitrogenada usualmente incrementa el crecimiento de *O. ficus-indica* y otras opuntias en tales áreas. (p. 115)

El protocolo para la fertilización nitrogenada de *O. ficus-indica* ha seguido las prácticas tradicionales desarrolladas para otros cultivos, donde la forma principal absorbida del suelo es el nitrato.

Aunque el N es el elemento esencial más limitante, el crecimiento de la opuntia es también estimulado por la fertilización fosfórica y potásica. Un contenido de únicamente 5 ppm de fósforo conduce a la obtención de la mitad del crecimiento máximo de *O. ficus-indica*, pero los cladodios producidos están por debajo de las necesidades nutricionales de fósforo del ganado.

En realidad, los cladodios de la mayoría de la opuntia encontradas en suelos nativos pobres contienen aproximadamente 1 por ciento de N en base seca, el cual esta por debajo de las necesidades nutricionales de N del ganado, pero en cuando se cultivan en suelos agrícolas fertilizados regularmente el contenido puede alcanzar el 2 por ciento. (p.117)

Como la mayoría de los cactus, *O. ficus-indica* es sensible a la salinidad del suelo. La inhibición del crecimiento es casi lineal con el contenido de sodio, valores de 150 ppm se asocian con una reducción del 50 por ciento de la acumulación de biomasa en *O. ficus-indica* (p. 118). Las raíces son mas afectadas por la salinidad que la parte aérea; el riego con una concentración de 60 milimoles (mM) de NaCl (aproximadamente el 12 por ciento de la concentración del agua de mar) durante seis meses reduce el crecimiento de la raíz en 84 por ciento y de la parte aérea en un 50 por ciento (p. 119).

2.1.5.7. CO₂ atmosférico

Actualmente, dice Nobel (1995) el nivel de CO₂ atmosférico esta incrementando a una tasa aproximada anual de 2 ppm por volumen, lo cual puede conducir hacia un aumento de la absorción neta diaria de CO₂ de *O. ficus-indica*. Por ejemplo, si se duplica el contenido actual de CO₂ causaría un incremento en la absorción neta de los cladodios de dos meses de 49 por ciento y su EUA aumentaría en 55 por ciento, comparado con el nivel actual de CO₂ (aproximadamente 360 ppm). La productividad en términos de materia seca de la parte aérea de *O. ficus-indica* en el campo es 37-40 por ciento mas alta si se considera el doble del nivel actual de CO₂ (p. 132). Aunque el contenido de nitrógeno de los cladodios viejos permanecería cercano al 1 por ciento en base seca, el contenido de N de los cladodios de tres meses es en promedio 1,47 por ciento en base seca bajo los niveles actuales de y alcanzaría promedios de 1,26 si la concentración de CO₂ se duplica (p. 133); el bajo contenido de N a mayores concentraciones de CO₂ atmosférico refleja una menor cantidad de enzimas fotosintéticas, lo cual también es observado en otras especies. (p. 134)

2.1.5.8. Predicción de la productividad

Las respuestas de absorción diaria neta de CO₂ a factores ambientales sobre un período de 24 horas bajo condiciones controladas permite la predicción de la productividad en el campo, dado que la absorción de CO₂ se asocia con crecimiento e incremento de la biomasa vegetal. Tales respuestas, especialmente en relación al espaciamiento entre plantas asociado con densidades altas de plantación que maximizan la productividad por unidad de área, han sido usadas para predecir la productividad máxima. Con esta información se han conducido plantaciones experimentales de *O. ficus-indica* en Santiago, Chile y Saltillo, Coahuila México, bajo condiciones de suelo húmedo (provistas por irrigación durante todo el año), temperaturas moderadas cercanas a las optimas para la absorción de CO₂, índices de área foliar (IAF) de 4 a 6, y sin limitaciones de nutrientes del suelo. Bajo estas condiciones ideales, la productividad de materia seca es de 50 t/ha/año. Sin embargo, una productividad considerablemente mas

baja es esperada bajo condiciones naturales de campo (no ideales), estos valores de productividad pueden ser calculados usando la Figura 2, para obtener respuestas netas relativas de absorción de CO₂, según los estudios de Nobel (1995)

Una plantación a alta densidad con IAF de 4 a 6 provoca que las raíces de las plantas se traslapen. Una situación más conveniente bajo condiciones de campo podría considerar un valor de IAF de 2, que permitiría el trazo de callejones útiles para el mantenimiento y de las plantas y la cosecha de cladodios. El clima puede no conducir a condiciones ideales de temperatura, las cuales son esencialmente controlables cambiando la ubicación de los campo de cultivo. En vez de usar riego todo el año, se pueden considerar dos situaciones de disponibilidad de agua, las cuales son típicas del clima mediterráneo o regiones donde el avance de la desertificación favorece el uso de *O. ficus-indica* como forraje, principalmente, donde el patrón de lluvias presenta condiciones de suelo húmedo durante aproximadamente dos meses del invierno y donde la lluvia se asocia con dos períodos húmedos con duración aproximada de un mes cada uno. Usando un IAF de 2 se obtiene hasta el 62 por ciento de la máxima absorción de CO₂ por unidad de área basada en la intercepción de FFF y las temperaturas de campo pueden conducir hasta el 80 por ciento de la absorción neta diaria de CO₂.

Considerando solamente un período húmedo de invierno y usando la respuesta de *O. ficus-indica* a la sequía, las plantas podrían tener una absorción neta máxima de CO₂ por dos meses, más la mitad de la de la máxima durante un mes durante la sequía ó $(82,5/12)(100 \text{ por ciento})$ ó 21 por ciento de la máxima absorción neta de CO₂ que podría ser obtenida bajo condiciones de humedad durante todo el año.

Debido a que la respuesta a estos factores ambientales es multiplicativa (p. 144), la productividad pronosticada es de $0,62 \times 0,80 \times 0,21 \times 50 \text{ t/ha/año} = 5.2 \text{ t/ha/año}$. Para los dos períodos húmedos por año más la respuesta de la absorción diaria neta a la sequía, las limitaciones de agua podrían conducir a $(1.5+1.5)/12 \times 100 = 25$ por ciento de la absorción neta anual de CO₂, así la productividad estimada es $(0,62) \times (0,80) \times (0,25) \times (50/\text{t/ha/año})$. Una estimación mas precisa puede ser

obtenida usando los valores mensuales, o diarios de las limitaciones causadas por el agua, temperatura y luz sobre la absorción neta de CO₂ (Figura 2).

En cualquier caso, las condiciones ambientales en el campo pueden ser usadas para predecir la productividad de *O. ficus-indica* usando respuestas de absorción diaria de CO₂ a la condición hídrica del suelo, la temperatura del aire y el FFF determinado bajo condiciones controladas de laboratorio. (p.146-147)

2.1.5.9. Comparaciones con otras especies

Las investigaciones realizadas por Nobel (1995) demuestran que aunque la mayoría de los estudios ecológicos sobre opuntias han sido realizados con *O. ficus-indica*, resultados similares ocurren en otras opuntias y otras cactáceas. Por ejemplo, *O. amychlaea* presenta alta productividad de biomasa, hasta 45 t de materia seca/ha/año, a una IAF óptima y bajo riego en Saltillo, Coahuila, México (p. 153). Entre otras plantas MAC, ciertos agaves usados comercialmente en México, principalmente *Agave mapisaga* y *A. salmiana*, poseen altas productividades de biomasa, promediando 40 t/ha/año (p. 154). En comparación, los cuatro cultivos C₃ más productivos tienen una productividad promedio de 38 t/ha/año, los cuatro árboles C₄ más productivos promedian 41 t/ha/año, y los cuatro cultivos C₄ más rendidores promedian 56 t/ha/año (p. 155). De gran importancia para la producción de forraje en regiones áridas y semiáridas es la productividad de biomasa cuando la lluvia es severamente limitante.

Del mismo modo que para *O. ficus-indica*, el incremento del CO₂ atmosférico incrementa la productividad de biomasa de los agaves. Si se duplica el nivel de CO₂ se observa 50 por ciento más biomasa en *Agave salmiana* en 4.5 meses (p. 158) y se obtiene casi el 90 por ciento más biomasa en *Agave deserti* en 17 meses (p. 158). Duplicando el nivel de CO₂ atmosférico para *A. deserti* se incrementa la absorción neta diaria de CO₂ por unidad de área foliar en un 49 por ciento, mientras se reduce la respiración diaria en 24 por ciento, conduciendo a un incremento de la EUA del 110 por ciento. Del mismo modo que en *O. ficus-indica*, otras plantas CAM con valor comercial son también sensibles a las

temperaturas de congelación, pero altamente tolerantes a altas temperaturas. Por ejemplo, -8 C durante una hora tiene efectos dañinos similares sobre células del clorenquima de *A. salmiana* y *O. ficus-indica*. (p. 159-160)

2.1.6. Hábitat:

Según Zavala Ch., F. (1989), la tuna se desarrolla en las zonas desérticas de EE.UU., México y América del Sur, en Perú y Bolivia. En el Perú se encuentra en la región Andina, donde se desarrolla en forma espontánea y abundante. También se encuentra en la costa, en forma natural y bajo cultivo. (p. 75)

Se desarrolla bien con temperaturas entre 12 a 34°C, con un rango óptimo de 11 a 23°C y con una precipitación promedio entre 400 a 800 mm. (p. 77)

Necesita de suelos sueltos, arenosos calcáreos en tierras marginales y poco fértiles, superficiales, pedregosos, caracterizándole una amplia tolerancia edáfica; sin embargo, los suelos altamente arcillosos y húmedos no son convenientes para su cultivo. (p.79)

Crece desde el nivel del mar hasta los 3.000 m.s.n.m. Su mejor desarrollo lo alcanza entre los 1.700 a 2.500 m.s.n.m. (p. 84)

2.1.7. Riego

Gracias a su eficiencia en el uso del agua, los requerimientos de *Opuntia ficus-indica* para la producción de fruta son muy bajos, variando según las condiciones ambientales predominantes y el tipo de suelo. Se sabe que el riego aumenta hasta un 70% la productividad y mejora notablemente la calidad del fruto (aumentan el tamaño y el porcentaje de pulpa, y disminuye la incidencia de la semilla, esto según estudios de Barbera, (1993).

La capacidad de almacenar agua en los tejidos de la planta amortigua el estrés ambiental y esto dificulta la interpretación de los estudios referidos al riego. Algunos investigadores (Inglese *et al*, 1995) sugieren que se debería determinar el

coeficiente K para usar datos agrometeorológicos como ETP y eficiencia máxima de irrigación. Se presentan aquí cuatro parámetros importantes a considerar para determinar cómo, cuánto y cuándo regar: el tipo de suelo, el volumen, el momento y el sistema de riego.

2.1.7.1. Tipo de suelo para el riego

Se requiere el doble de agua en un suelo arcilloso que uno profundo y arenoso.

2.1.7.2. Volumen

Según Inglese *et al* (1995) para las plantas de opuntia bajo irrigación son suficientes desde 150 a 200 mm, sin embargo en Italia se suplementan cerca de 100 mm y en Israel hasta 500 mm.

Existe una gran diferencia entre los sistemas de riego usados en diferentes lugares. Son recomendables aquellos que no mojen el tallo de la planta. En Italia se aplica normalmente el riego por inmersión de la cuenca con el uso de una “contra-cuenca” que evita que el agua contacte con el tallo. También es común el riego por infiltración y el empleo de riego localizado con pipetas de aspersión o microaspersión (Barbera 1993, Carimi 1989).

En Israel se usa el sistema de riego con picos de goteo de un caudal de 4 litros/hora que permiten dosificar conjuntamente el agua y los fertilizantes. Esta técnica se llama fertirrigación y requiere una inversión inicial más elevada que los otros sistemas. Esta técnica puede provocar la salinización del suelo.

2.1.7.3. Momento del riego

Investigaciones realizadas por Barbera (1993) dicen que se ha observado que el hay momentos claves para regar las plantaciones de tuna. Es fundamental el riego

al final del mes de floración (el 70% del volumen total). De ser posible una segunda aplicación se la realiza un mes después de la floración (el 30 % restante).

No obstante, cuando se utiliza la técnica de “scozzollatura (poda de los brotes del flujo de primavera)”, son necesarios dos riegos extras:

1- Inmediatamente después de la eliminación del flujo de primavera (para compensar el stress hídrico producido en la planta).

2- Durante el período de desarrollo del fruto, indispensable para lograr el tamaño requerido para exportación, (Inglese *et al* 1995).

En Israel, con la técnica de riego por goteo, el régimen de aplicación es prácticamente continuo: durante la primavera y el verano (de abril a septiembre) se aplican 30 mm/ mes (cada 1-3 días) y desde el otoño hasta fines del invierno (octubre a marzo) la mitad que en el período caluroso (cada 4-7 días). Después de la cosecha suelen suplementarse riegos mensuales con solución de fertilizante. Se administran en total desde 270 hasta 500 mm (Inglese *et al*, 1995).

Observaciones importantes:

- ◆ El déficit de agua puede afectar la duración y el tiempo de producción flores.
- ◆ Las fluctuaciones en la disponibilidad de agua durante el período de maduración del fruto pueden causar desórdenes en el desarrollo del fruto como el agrietamiento e incluso puede reducir la cantidad de azúcares (Barbera 1984).
- ◆ Durante la irrigación hay que cuidar de que las partes aéreas de las plantas no contacten con el agua porque pueden originarse enfermedades por hongos o por bacterias.
- ◆ Cabe destacar que las hojas de la planta de la tuna acumulan agua durante el invierno para luego abastecer a las mismas hojas, al tallo, a las raíces y a

los frutos durante el verano; inclusive las espinas son acumuladoras de agua.

2.1.8. Fertilización

Se conoce que la fertilización influye positivamente en la productividad de frutos, mejora el tamaño del fruto, potencia el efecto de la poda e induce la fructificación fuera de temporada (Nobel *et al*, 1987). Sin embargo, la fertilización intensiva con nitrógeno puede también disminuir la calidad del fruto, incrementando el grosor de la cáscara (pulpa/ cáscara) y afectando el color de la cáscara (Barbera & Inglese 1993).

Por no haber disponibilidad de suficiente información respecto al momento de fertilización y las características del fertilizante mas adecuado para los requerimientos del crecimiento y la fructificación de estas plantas (Inglese et al. 1995), se presentan aquí diferentes casos:

2.1.8.1. Fertilizantes Químicos

Aunque, al igual que para otros cactus, se ha citado al fósforo (P) y al potasio (K) como los fertilizantes más importantes, la aplicación de Nitrógeno puede ser también muy beneficiosa.

El nitrógeno suele ser aplicado bajo la forma de nitrato de amonio hasta una concentración de 130-160 kg por hectárea. El fósforo, bajo la forma de triple superfosfato, se aplica a concentraciones de hasta 80 kg por hectárea. La fertilización con P y N puede incrementar la producción desde 2,5 a 3 veces (Inglese *et al*, 1995).

2.1.8.1.1. Refloración

El fertilizante NPK puede incrementar el número de pimpollos e inducir una segunda floración o “refloración”. Cuando hay dos cosechas la segunda ocurre en

otoño. En Chile, California e Israel suele obtenerse una segunda cosecha en casos de huertos muy abonados o fertilizados. En Israel la segunda cosecha se produce mediante la aplicación de una fertilización intensiva con Nitrógeno (120 kg/ ha). Siempre la refluoración da como resultado cosechas menores que la normal. En Chile y California son de un 50 a un 60% menores que la de verano, mientras que en Israel son aún menores.

2.1.8.1.2. Fertirrigación

Mediante el uso del sistema de riego por goteo, la aplicación del fertilizantes junto con el agua de irrigación, es una práctica común en Israel. Los fertilizantes normalmente usados son $N(NH_4NO_3 + KNO_3)$, $P_2O_5(H_3PO_4)$, y $K_2O(KNO_3)$ y se aplican diluidos en el agua de irrigación en concentraciones de 40-70, 3-26 y 60-70 ppm., respectivamente.

2.1.8.2. Abonado con ESTIÉRCOL

El abonado beneficia el crecimiento de las plantas porque mantiene la temperatura del suelo estable y absorbe humedad, liberándola lentamente. El estiércol debe estar fermentado antes de ser aplicado en la cazuela. Las dosis aplicadas de cada tipo de estiércol tienen que tener el equivalente a 150 kg/ha de nitrógeno. Debido que las raíces crecen muy superficiales, hay que tener cuidado de no dañarlas durante el laboreo para la incorporación del abono.

2.1.8.3. Fertilizante Químico más ESTIÉRCOL

La combinación de los fertilizantes químicos y los orgánicos resulta muy beneficiosa porque aporta a las características físicas y químicas del suelo. En huertos jóvenes se ha probado la aplicación de 30 ton de gallinaza y 20-20-20 kg de NPK por ha. En huertos viejos se aumenta a 6 ton de gallinaza y 40-20 kg de NP (Pimienta-Barrios 1990).

2.1.9. Poda

Aunque la poda representa uno de los mayores costos en el manejo, es también uno de sus aspectos más interesantes. La respuesta de la planta a la poda cambia con la edad y ésta debe ser corregida acordemente. La poda tiene múltiples propósitos:

2.1.9.1. Evitar alta densidad de cladodios

Sin restricción de agua ni temperatura, la intercepción de luz es limitante de la producción. Es recomendable eliminar los cladodios o ramas que se entrecrucen o tomen dirección hacia el suelo, y favorecer a los cladodios terminales con exposición E-O, ubicados en los estratos medios y altos del perfil vertical. Esto permite mejorar la exposición y disminuir el sombreado, maximizando la productividad (Nobel, 1995).

Esta poda se hace particularmente importante a partir de los 7 años y medio. La poda a los 50 días después de cada brotación se realiza cuando brotan excesivo número de cladodios.

2.1.9.2. Saneamiento

La poda fitosanitaria evita los focos de infección. Cuando los cladodios presentan síntomas de enfermedades como *Cactoblastis cactorum*, bacteriosis o fungosis, se recomienda la eliminación total del cladodio, desde la zona de unión. Los restos de la poda, en este caso, deben ser quemados o enterrados a bastante profundidad.

2.1.9.3. Material vegetal

Las podas se las realiza para extraer los cladodios de mejores condiciones fitosanitarias y ser utilizadas como material vegetativo.

2.1.9.4. Podas para maximizar la productividad de frutos

2.1.9.4.1. Mantenimiento

Para la producción de tunas hay que considerar que:

- ◆ Los cladodios del mismo año normalmente no producen frutos.
- ◆ La mayoría (80-90 %) de los cladodios de 1 año producen frutos. Esto está relacionado con la materia seca acumulada por área de superficie: la fructificación ocurre cuando se superan los 33g de materia seca por cm² de cladodio.
- ◆ Cladodios de 2 y 3 años de edad tienen poca producción de frutos, pero elevada producción vegetativa. Cuando los cladodios superan los 100g/m², la capacidad de fructificación disminuye drásticamente (Nobel, 1995), probablemente a causa de que se derivan recursos al crecimiento secundario (Pimienta, 1990).
- ◆ Los cladodios de 5 a 10 años suelen lignificarse y pierden progresivamente su capacidad de brotar debido al envejecimiento de los meristemas que se encuentran en las areolas (Fernández-Pola, 1996).

Esta poda entonces, debe estar dirigida a la presencia continuada de un número equilibrado de cladodios de 1 año, para la producción de frutos, y de dos años, para el crecimiento vegetativo que reemplace los cladodios más altos (Nobel, 1995).

2.1.9.4.2. Raleo de frutos

Cuando se presentan demasiados frutos por cladodio, se recomienda la eliminación temprana de algunos, dejando no más de 6 a 8 frutos por cladodio, para obtener frutos con calidad de exportación se aconseja dejar sólo 6 frutas/

cladodio, (Inglese *et al*, 1995). Esto se realiza desde la prefloración hasta la caída de la corola. De esta forma se pueden producir frutos de hasta 250 g.

2.1.9.4.3. Scozollatura

Esta técnica, comúnmente usada en Italia, Sud África e Israel, permite obtener una cosecha tardía de frutos con mejor calidad que los obtenidos en la época normal (Inglese *et al*, 1995). La técnica consiste en la poda de todos los brotes del flujo de primavera (tanto flores como cladodios y no sólo el primer set). Esta poda induce la formación de nuevas yemas florales, atrasando el momento de la cosecha (Barbera *et al*, 1991, Barbera & Inglese, 1993).

Las condiciones ambientales predominantes en el momento de la poda pueden jugar un rol crítico en la determinación de la magnitud de la segunda floración y se ha observado que con temperaturas menores a 20°C la refluoración no se produce (Barbera *et al*, 1991).

Siempre, los frutos “fuera de estación” obtenidos con esta técnica, son de gran tamaño y tienen alto porcentaje de pulpa y bajo número de semillas, aumentando su calidad mientras mas tardía sea la poda. La poda escalonada del flujo de primavera es una estrategia que ayuda a racionalizar la distribución de los frutos al mercado (Fernández-Pola, 1996).

2.1.10. Hormonas

Las hormonas juegan un rol muy importante regulando la producción de yemas florales y determinando las características del fruto. Sin embargo, aún se necesitan estudios extensivos para entender la regulación hormonal y la morfogénesis en los cactus. Los resultados de la aplicación de hormonas en la producción de tuna son controversiales y su aplicación a gran escala es poco práctica (Inglese *et al*, 1995).

La aplicación de ácido giberélico o Giberelina (GA3) a 150 ppm produce un aumento en el número de semillas abortivas y una disminución en el número de semillas por fruto (Pimienta-Barrios, 1990). No obstante este efecto positivo sobre la calidad del fruto, también se ha observado que esta hormona provoca un aumento en el grosor de la cáscara, causa deformaciones y cambia el contenido de azúcares del fruto.

2.1.11. Composición química:

Según estudios realizados por Eguiluz (1978), las pencas son ricas en agua y contienen además sales minerales (calcio, fósforo, hierro) y vitaminas sobre todo la vitamina C. El fruto, según Camacho *et al* (1993) posee un valor nutritivo superior al de otras frutas en varios de sus componentes, 100 g de la parte comestible posee:

Cuadro 1. Composición química del fruto de la *Opuntia ficus-indica*

Unidades Calóricas	58-66
Proteínas	3 g
Grasas	0,2 g
Carbohidratos	15,5 g
Calcio	30 g
Fósforo y proteínas	28 g

Fuente: Eguiluz (1978)

2.1.12. Propiedades terapéuticas y preparados:

Fernández-Pola (1996) afirma que las culturas prehispánicas le dieron una gran importancia al uso medicinal de los nopales: para detener el flujo, las semillas de la tuna; la goma o mucílago templaba el calor de los riñones; para eliminar las fiebres ingerían el jugo. La fruta era útil para el exceso de bilis. La pulpa de la tuna y las pencas asadas se usaban como cataplasma. Para el tratamiento de hernia, hígado irritado, úlceras estomacales y erisipela, utilizaban la raíz. El

mucílago o baba del nopal servía para manos y labios partidos. Las pencas mitigan el dolor y curan inflamaciones. Una pequeña plasta curaba el dolor de muelas. La pulpa de las tunas servía para la diarrea. La savia del nopal, contra las fiebres malignas; las pencas descortezadas ayudaban en el parto. Las espinas fueron usadas en la limpieza de infecciones.

Es empleado directamente en la alimentación o para la fabricación de mermeladas y jaleas, néctar, tunas en almíbar, alcoholes, vinos y colorantes.

Se utiliza mezclada al barro en el tarrajeo de viviendas rurales y también en la industria para la fabricación de películas adherentes de gran finura. Hoy en día se sigue usando como base de pinturas para casas. Para conservar sus murales.

Es una especie muy usada en las prácticas agroforestales, asociado con cultivos con especies agrícolas y/o forrajeras, cercos vivos espinosos, barreras vivas para la retención de suelos, protección de taludes contra la erosión y, en general, como parte de prácticas de protección de suelos. (p. 33 – 39)

Cabrera *et al* (1998). manifiestan en sus estudios que existen diversos productos a base de nopal: shampoo, enjuagues capilares, crema para manos y cuerpo, jabón, acondicionador, mascarilla humectante, crema de noche, gel para el cabello, gel reductor, gel para la ducha, loción astringente, mascarilla estimulante y limpiadora, jabones, pomada y cosméticos: sombras para ojos, rubor, lápiz labial con cochinilla. (p. 48)

Bye, y Linares (1999) dicen que en Israel, aprovechan las corolas de la flor del nopal para el tratamiento del cáncer de próstata. El nopal se usa principalmente como forraje, pero igualmente se comercializan las pencas tiernas para venderse como verdura. (p. 77)

Estudios realizados por Davis, (1982) sostienen que las pencas tiernas del nopal se preparan en escabeche, salmuera y encurtidos; se cocinan caldos, cremas, sopas, ensaladas, guisados, o en empanadas, huevos, platos fuertes, salsas, "antojitos", bebidas y postres.

Para complementar una dieta adelgazante: jugo de nopal con xoconostle, piña, apio, perejil, toronja.

Sobre todo por la reducción de los niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa resultante del consumo de nopal fresco o deshidratado en polvo, cápsulas, tabletas, trociscos o té. Parte de esas propiedades medicinales se deben al mucílago, pectina o "baba", que es un polisacárido complejo compuesto por arabinosa y xilosa. Es abundante en la planta y se utiliza para aumentar la viscosidad del pulque o para curar quemaduras.

Es utilizado para:

- Alimentos: en escabeche, sopas, panes, postres y mermeladas.
- Cosméticos: shampoo, enjuagues, acondicionadores y cremas limpiadoras y humectantes.
- Productos medicinales: los tallos o pencas, si se consumen 1,500 grs. en 10 días, **son excelentes para combatir la diabetes al reducir en promedio:** Colesterol 31.0 mg/dll Triglicéridos 93.5 mg/dll Glicemia 4.0 mg/dll., esto según Davis (1982).

El fruto posee un valor nutritivo superior al de otras frutas en varios de sus componentes. 100 g de la parte comestible posee 58 a 66 unidades calóricas, 3 g de proteínas, 0,20 de grasas, 15,50 de carbohidratos, 30 de calcio, 28 de fósforo y vitaminas (caroteno, niacina, tiamina, riboflavina y ácido ascórbico). Es empleado directamente en la alimentación o para la fabricación de mermeladas y jaleas, néctar, tunas en almíbar, alcoholes, vinos y colorantes.

La semilla es utilizada para elaboración de aceite; la cáscara empleada como forraje y el tallo es utilizado en la producción de gomas y encurtidos forrajes. (p. 21 – 37)

De acuerdo al Instituto nacional de investigaciones agrícolas de México (1982), esta planta es de gran importancia porque alberga al insecto *Dactulopius coccus*, "cochinilla del carmín". Este último es cotizado a nivel mundial por el colorante que produce la hembra. Se emplea en alimentos, en la industria cosmética y farmacéutica.

Un producto adicional es el mucílago o goma, obtenible por el prensado de la penca o cladodio. Es una especie muy usada en las prácticas agroforestales, asociado con cultivos con especies agrícolas y/o forrajeras, cercos vivos espinosos, barreras vivas para la retención de suelos, protección de taludes contra la erosión y, en general, como parte de prácticas de protección de suelos. (p. 78)

Según Barrera (1998), una planta adulta produce un promedio de 200 frutos/año, infiriéndose que en 1 ha bien manejada, con una densidad de 1.000 plantas/ha, puede brindar una producción de 300.000 frutos/ha, a los 2 a 3 años de edad.

La madurez de los frutos se inicia a los 4 a 5 meses de la brotación o floración. Se caracteriza por el cambio de coloración de la pulpa, madurando ésta antes que la cáscara. La época de cosecha en el Perú ocurre entre los meses de enero y abril. (p. 30 – 31).

2.1.13. Utilización de la tuna para forraje

De acuerdo al Instituto nacional de investigaciones agrícolas de México (1982), la tuna para forraje puede utilizarse mediante consumo directo, corte de paletas y transporte en fresco a comederos para el consumo animal, corte de paletas, secado y molido de éstas para entregarlas al animal como harina, y corte y ensilaje.

2.1.13.1. Consumo directo por el animal

El modo más fácil de utilización de tunales es mediante el consumo directo de las paletas por parte del ganado. Este sistema de manejo no requiere maquinarias, utiliza poca mano de obra y es más barato. EL mejor método de utilización es

dividir el tunal en pequeños cercados y pastorear éstos en forma intensiva por un corto período, no mayor a dos días, para evitar el daño de las plantas y facilitar su recuperación.

2.1.13.2. Corte y consumo en fresco.

Las paletas se cortan temprano en la mañana, se trasladan al lugar donde serán consumidas por el ganado, luego se trozan para posteriormente repartirlas en los comederos para el consumo animal durante horas de la tarde. Es importante que el animal consuma las paletas trozadas después de medio día para evitar diarreas. Debido al metabolismo ácido crasuláceo las paletas de tuna contienen gran cantidad de ácidos en la mañana, pero éstos disminuyen considerablemente en la tarde. Este método facilita y aumenta el consumo lográndose una mejor utilización de las paletas al reducir considerablemente el material de desecho.

2.1.14. Principales parámetros de la calidad para la Tuna

2.1.14.1. Tamaño

Según García *et al* (1998) el tamaño de fruto para exportación debe pesar como mínimo 120 g En Italia, según el tamaño se clasifican en:

Frutos extra grandes: más de 160 gr.

Frutos primera clase: 120-160 gr.

Frutos segunda clase: 80-100 gr.

Frutos de tercera clase: menos de 80 gr.

2.1.14.2. Color de la cáscara

Hay muchas variedades de *Opuntia ficus-indica* que se diferencian por el color del fruto. Esto se observa en los nombres comunes que se les dan en diferentes

lugares: en México la “Reina”, “Rojo Pelona”, “Esmeralda”; etc., en Italia, la “Gialla”, “Rossa” y “Bianca”, en España “Verdales”, “Morados”, “Sanguinos” y “Blancos” .

El fruto más apropiado para el mercado internacional es el amarillo-anaranjado, “amarilla huesona” y “amarilla pica-chulo” en México, “Blue motto”, “Gymanocarpa” y “Malta” en Sud África, la “Ofer” en Israel y la “Gialla” en Italia.

Los frutos rojo púrpuras son de Algeria, Sudáfrica, el pelón liso y el pelón rojo en México y la “Rossa” en Italia son también apreciadas particularmente en los mercados Norteamericanos, pero sus cultivos son aún limitados.

Los cultivares verde claro o blanco, así como también el rosa-naranja, sólo son relevantes en los mercados locales y tienen mayores problemas de manejo y almacenamiento.

2.1.14.3. Porcentaje de pulpa y semillas y Grosor de la cáscara

Acosta, (1999) dice que los valores aceptables de porcentaje de pulpa son del 60 - 75 % del peso del fruto. La proporción de pulpa para exportar debe ser mayor al 55-60%.

Los frutos obtenidos con manejo apropiado tienen una proporción de semillas de aproximadamente 2,10 %. (p.55).

Según Balderas, (1988) la relación entre semillas normales y abortivas (vacías) es uno de los parámetros más importantes para definir la calidad del fruto. Las semillas abortivas, originadas de la falta temprana de desarrollo embrionario, son comunes en *Opuntia ficus-indica* y permiten el desarrollo de la pulpa. Esta relación es más alta en los cultivares Italianos que en los Mexicanos.

Recientemente en cultivares de Israel se encontró que *Opuntia ficus-indica* var. BS1 era un clon vegetativo partenocárpico, que contenía sólo semillas abortivas en sus frutos.

2.1.15. Contraindicaciones o precauciones:

No se han encontrado reacciones adversas a su consumo, esto lo manifiesta Acosta, (1999).

2.1.16. Variedades

2.1.16.1. Variedad espinosa.

De acuerdo a BELLO G. (1987) la variedad espinosa de la tuna se caracteriza por los tallos planos o pencas en forma de paleta, cubiertos de pequeños agrupamientos de pelos rígidos llamados gloquidios y por lo general, también de espinas. Son verdes y los más jóvenes presentan hojas con forma de escama. Los ejemplares viejos pierden las palas inferiores y aparece entonces un tallo leñoso que da a la planta aspecto de árbol. Las flores amarillas y rojas nacen en los bordes de las palas, dan lugar a un fruto verrucoso piriforme, comestible, de pulpa carnosa y dulce de color morado o lila oscuro. Esta variedad alcanza una altura máxima de 6 m. de altura. (p. 4)

2.1.16.2. Variedad semiespinosa

Según estudios realizados por AYERDE, L. D. (1989) la variedad semiespinosa de la tuna se distingue por poseer una cantidad muy limitada de gloquidios y de espinas. Son verdes y los más jóvenes presentan hojas con forma de escama. Las flores son de color amarillo en su mayoría aunque también hay presencia de flores rojizas, éstas nacen en los bordes de la pala, dan lugar al fruto que es de color amarillo-rojizo. Su altura promedio es de 4 m.

2.1.17. Enfermedades

La tuna es afectada por pocas enfermedades, siendo las mas importantes la llamada “polilla de la tuna” (*Cactoblastis cactorum* [Berg.]; *Lepidoptera: Pyralidae*) y las “Cochinillas” (*Dactilopius spp.*; *Homoptera: Dactilopidae*).

Estas dos enfermedades suelen estar acompañadas de infecciones por hongos y bacterias:

2.1.17.1. Polilla de la tuna: *Cactoblastis cactorum*

Es la enfermedad con mayores implicaciones en los cultivos de tuna presentes en su área de distribución. El “*Cactoblastis cactorum*” es una polilla (Pyralidae) cuyas larvas se alimentan de los cladodios provocando graves daños a las plantaciones de *Opuntia ficus-indica* (menos frecuentemente a otras Cactaceas).

Si bien esta mariposa es originaria de Argentina, Uruguay y Paraguay, fue introducida como control biológico de Opuntias asilvestradas en Australia, Sud África, Hawai y La India. Debido a las exitosas experiencias obtenidas en otros continentes, en el año 1957 fue introducida también en islas del Caribe para control de varias especies de Opuntias. La polilla, a partir de entonces, fue extendiendo su área de distribución debido tanto a traslados intencionales como a su dispersión natural. En el año 1989 se encontró que la mariposa había llegado a EEUU, y se espera que su dispersión continúe hasta llegar a México. Se sospecha que el arribo de *Cactoblastis* al continente no fuera debido a dispersión natural, sino a una introducción accidental en cargamentos comerciales de cactaceas desde las islas caribeñas (Pemberton 1995).

2.1.17.2. Cochinillas: *Dactylopius spp*

No obstante la cochinilla, en relación a la tuna, se asocia a una explotación particular: las cochinillas tintóreas (*Dactylopius coccus*), éstas suelen representar una plaga muy seria cuando se presentan en las explotaciones frutales. Aquí entonces, las consideraremos como plaga de los cultivos, dejando aparte el caso particular de la producción del colorante natural (rojo-carmín), cuya composición se desconoce, solamente se sabe que Cerca del 21% del peso seco de una hembra en edad adulta es ácido carmínico.

Al igual que *Cactoblastis cactorum*, varias especies de *Dactilopius* fueron introducidas en otros países para el control de Opuntias asilvestradas (*Dactilopius tomentosus*, *D. indicus* y *D. confusus*) (Pemberton 1995).

2.1.18. Fungosis y bacteriosis

Es común la ocurrencia de varias enfermedades que cooperativamente afectan las plantaciones. Las infecciones de *Cactoblastis cactorum* y Cochinillas suelen estar acompañadas de bacteriosis y fungosis. El tratamiento de las fungosis debe hacerse, si es posible, por medio de la eliminación de los cladodios afectados.

Los tratamientos químicos más recomendados son:

-Manchas circulares claras o amarronadas: Saprool (0,15%), Maneb (0,2%).

-Lesiones escamosas negras: Benlate + Orthocid 50, Captan + Benlate.

-Pudrición húmeda expuesta: Prothiocarb-Previcur (0,15%), Fenaminosul-Bayer.

-Pudrición húmeda den la base del tallo: Captan 50, Orthocid 50 (0,1-0,2%), Chinosol (0,05%) o Benomyl (0,05%).

-Coloración marrón, hundida en el cuello de la raíz: Benomyl (0,05%), Thiabendazole.

Una combinación muy efectiva para el tratamiento de muchas especies de hongos es Previcur (0,15%) y Du Pont Benomyl (0,05%) en aplicaciones cada 14 días. (p. 176)

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS:

3.1. Caracterización del área de estudio

Este estudio se realizó en 2 localidades:

	LOCALIDAD 1:	LOCALIDAD 2:
PROVINCIA:	Imbabura	Imbabura
CANTON:	Antonio Ante	Antonio Ante
PARROQUIA:	Chaltura	Imbaya
LUGAR:	La Pradera	
ALTITUD:	2320 m.s.n.m	2250 m.s.n.m.
PRECIPITACIÓN ANUAL:	522 mm	511 mm
TEMPERATURA MEDIA ANUAL:	15.4°C	17,6°C
HUMEDAD RELATIVA:	70,9%	73%

3.2. Materiales Y Equipos

Materiales:

- 160 paletas de tuna de la variedad semiespinosa
- 160 paletas de tuna de la variedad espinosa
- 160 Kg. de compost

3.3.3. Diseño Experimental.

Para las 2 localidades se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (D.B.C.A.) con cuatro tratamientos y cinco repeticiones con un arreglo factorial A x B, donde A correspondió a las variedades y B a la cantidad de abono.

3.3.4. Características del experimento.

Repeticiones: 5

Tratamientos: 4

Unidades experimentales: 20

La Unidad experimental estuvo conformada por 8 plantas de tuna de cada una de las variedades respectivamente.

3.3.5. Esquema del Análisis estadístico

ESQUEMA DEL ADEVA

FV	GL
TOTAL	19
BLOQUES	4
TRATAMIENTOS	3
VARIETADES (V)	1
ABONO (A)	1
V x A	1
ERROR EXPERIMENTAL	12

CV%

Se utilizó la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos y para las variedades se utilizó una prueba de DMS al 5% puesto que se detectó significancia en las variables evaluadas.

3.3.6. Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron:

- ✓ Prendimiento (sobrevivencia)
- ✓ Brotación (Cada cladodio es un brote de tallo)
- ✓ Tamaño de los cladodios

Con los resultados obtenidos en cada una de las localidades se realizó un análisis combinado en el que el factor A correspondió a las variedades, el factor B a la cantidad de abono y el factor C correspondió a las localidades.

ESQUEMA DEL ADEVA. ANÁLISIS COMBINADO

FV	GL
TRATAMIENTOS	7
VARIEDADES (V)	1
ABONO (A)	1
LOCALIDADES (L)	1
V x A	1
V x L	1
A x L	1
V x A x L	1
ERROR EXPERIMENTAL	28

CV%

Se utilizó la prueba de D.M.S. al 5% para las localidades y para las interacciones se usó Tukey al 5% ya que se detectó significancia en las variables evaluadas.

3.4. Manejo específico del experimento

3.4.1. Extensión que se empleó

La presente investigación fue realizada en dos localidades (Chaltura e Imbaya en el Cantón Antonio Ante), para esto se requirió de 650 m² por localidad, en Chaltura el lote está ubicado en la granja experimental “La Pradera” y en Imbaya

el lote en el cual se realizó la investigación es de propiedad de la Asociación de profesores de la Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

3.4.2. Adquisición del Material vegetativo

Para obtener las dos variedades que se requiere (espinosa y semiespinosa), se procedió a la recolección de los cladodios en la granja “La Pradera” (variedad semiespinosa en un número de 160 cladodios), y posteriormente realizar el respectivo secado al sol y sombra y la desinfección antes de su transplante, mientras que los cladodios de la variedad espinosa fueron recolectados de los linderos del lote perteneciente a la Asociación de Profesores en la que se realizó la investigación en igual número que la variedad anterior del tercer piso en plantas que tenían cinco años igual para las dos variedades.

3.4.3. Manejo del ensayo

3.4.3.1. Análisis de suelo

Se realizaron los respectivos análisis de suelo en LABONORT ubicado en la ciudad de Ibarra, para cada localidad, tanto en Chaltura como en Imbaya.

3.4.3.2. Trazado de los lotes

El trazado de los lotes se lo realizó el día miércoles 9 de Agosto del 2006, para esto se utilizó 3 estacas y piola, con lo cual se elaboró un triángulo rectángulo cumpliendo con el 3-4-5- del teorema de Pitágoras a partir del cual se tomó una esquina referencial para que el lote donde se realizó el ensayo quede en rectángulo, como los terrenos presentaron una pendiente inferior al 5% no hubo mayores dificultades en la ubicación de las estacas para señalar el lugar donde se procedió al hoyado.

3.4.3.3. Ahoyado

El ahoyado se lo realizó durante 4 días, el jueves 10 de agosto y viernes 11 de agosto del 2006 en Chaltura y el sábado 12 de agosto y domingo 13 del mismo

mes se lo hizo en Imbaya, para esto se utilizaron 2 palas rectas, un azadón, una hoyadora y una barra; los hoyos fueron hechos de 0,40 x 0,40 x 0,40 m.

3.4.3.4. Ubicación del material vegetativo en los hoyos

Los días lunes 14 y miércoles 16 de agosto, en Chaltura e Imbaya respectivamente, se procedió a colocar el compost (1 kg) y los cladodios en sus respectivos hoyos tal como se estableció anteriormente en el diseño de los tratamientos, los mismos que fueron colocados en una esquina de cada hoyo con una de las caras hacia el oriente, esto con el fin de que haya una buena captación de luz solar necesaria para realizar de manera adecuada la fotosíntesis, y a cada cladodio se lo ubicó con una inclinación de 30° y se enterró 2/3 partes del mismo para tener un buen enraizamiento.

3.4.3.5. Labores culturales

Durante los seis meses, tanto en Chaltura como en Imbaya, se ejecutaron los riegos y deshierbas correspondientes. Los riegos se los realizó cada 3 semanas teniendo un total de 8 riegos durante los seis meses y, del mismo modo, las deshierbas se las realizaron cada 2 semanas completando 12 deshierbas en los seis meses; cabe destacar que el número de deshierbas fue superior al de riegos ya que en ese momento se encontraba en época lluviosa.

3.4.4. Toma de datos

3.4.4.1. Prendimiento

Se evaluó el prendimiento de cada raqueta en los tratamientos observando los cladodios a los 5 meses de haber sido colocados en sus respectivos hoyos.

3.4.4.2. Brotación

La cantidad de brotes se evaluó desde la aparición del primer brote hasta el sexto mes desde la ubicación de las raquetas en sus hoyos.

3.4.4.3. Tamaño de los cladodios

El tamaño de los cladodios se evaluó al sexto mes contado a partir de la ubicación de las raquetas, se midieron tanto el eje mayor como el eje menor del cladodio brotado mediante una regleta plástica transparente graduada en milímetros.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos de las variables en estudio fueron:

4.1. SOBREVIVENCIA

4.1.1. SOBREVIVENCIA: LOCALIDAD CHALTURA

Cuadro 3. Supervivencia promedio de tratamientos. Chaltura 2007

Tratamientos	Media (%)
T1	100,0
T2	92,5
T3	95,0
T4	92,5

Cuadro 4. Variedades. Chaltura 2007

Variedad	Media (%)
A1	96,3
A2	93,8

Cuadro 5. Abono. Chaltura 2007

Abono	Media (%)
B1	97,5
B2	92,5

Cuadro 6. Análisis de Varianza para sobrevivencia. Chaltura 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	10,60				
Bloques	4	1,30	0,32	0,50 n.s.	3,26	5,41
Tratamientos	3	1,90	0,63	1,00 n.s.	3,49	5,95
Variedades	1	0,30	0,30	0,50 n.s.	4,75	9,33
Abono	1	1,30	1,30	2,10 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	0,30	0,30	0,50 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	7,50	0,63			

ns = no significativo

C V = 8,32%

X = 95 %

En el análisis de varianza, Cuadro 6, se observa que no existe una diferencia significativa entre, tratamientos, variedades, abono e interacción, lo que indica que a los seis meses de la plantación no existe ninguna influencia de los tratamientos, variedades y el abono en la sobrevivencia en la localidad de Chaltura.

El coeficiente de variación y la media fueron de 8,32% y 95%

4.1.2. SOBREVIVENCIA: LOCALIDAD IMBAYA

La sobrevivencia en la localidad de Imbaya fue del 100% en todos los tratamientos, por lo tanto no es necesario realizar el análisis de varianza.

4.2. BROTACIÓN

4.2.1. BROTACIÓN: LOCALIDAD CHALTURA

Cuadro 7. Brotación promedio de tratamientos. Chaltura 2007

Tratamientos	Media (u)
T1	11,6
T2	12,2
T3	18,2
T4	17,2

Cuadro 8. Variedades. Chaltura 2007

Variedad	Media (u.)
A1	11,9
A2	17,7

Cuadro 9. Abono. Chaltura 2007

Abono	Media (u.)
B1	14,9
B2	14,7

Cuadro 10. Análisis de Varianza para la brotación. Chaltura 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	383,20				
Bloques	4	22,70	5,68	0,36 n.s.	3,26	5,41
Tratamientos	3	171,60	57,20	3,63 *	3,49	5,95
Variedades	1	168,20	168,20	10,69 **	4,75	9,33
Abono	1	0,20	0,20	0,01 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	3,20	3,20	0,20 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	188,90	15,74			

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

C V = 26,81%

X = 14,8 u.

En el análisis de varianza, Cuadro 10, se observa que no existe una diferencia significativa entre, abono e interacción, mientras que los tratamientos presentan diferencia significativa al 5% y las variedades demuestran diferencia del 1%, lo que indica que existe influencia de los tratamientos y más aún de las variedades en la brotación en la localidad de Chaltura.

El coeficiente de variación y la media fueron de 26,81% y 14,8 u.

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos. Chaltura 2007

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGO
T3	18,2	A
T4	17,2	A
T2	12,2	A
T1	11,6	A

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos, Cuadro 11, se observa la existencia de un solo rango, determinando que no tienen mayor influencia los tratamientos para la brotación en Chaltura.

Cuadro 12. Prueba de D.M.S. al 5% para variedades. Chaltura 2007

VARIETADES	MEDIAS	RANGO
V2	17,7	A
V1	11,9	B

En la prueba de D.M.S. al 5% para variedades, Cuadro 12, se observa dos rangos, ocupando el primer rango la V2 que corresponde a la variedad espinosa, teniendo ésta una mejor brotación en Chaltura.

4.2.2. BROTAÇÃO: LOCALIDAD IMBAYA

Cuadro 13. Brotación promedio de tratamientos. Imbaya 2007

Tratamientos	Media (u.)
T1	13,6
T2	12,8
T3	14,4
T4	13,4

Cuadro 14. Variedades. Imbaya 2007

Variedad	Media (u.)
A1	13,2
A2	13,9

Cuadro 15. Abono. Imbaya 2007

Abono	Media (u.)
B1	14,0
B2	13,1

Cuadro 16. Análisis de Varianza para la brotación. Imbaya 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	420,95				
Bloques	4	131,20	32,80	1,39 n.s.	3,26	5,41
Tratamientos	3	6,55	2,18	0,09 n.s.	3,49	5,95
Variedades	1	2,45	2,45	0,10 n.s.	4,75	9,33
Abono	1	4,05	4,05	0,17 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	0,05	0,05	0,002 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	283,20	23,60			

ns = no significativo

$C V = 35,85\%$

$X = 13,6 \text{ u.}$

En el análisis de varianza, Cuadro 16, se observa que no existe una diferencia significativa entre, tratamientos, variedades, abono e interacción, lo que indica que no existe ninguna influencia de los tratamientos, variedades y el abono en la brotación en la localidad de Imbaya.

El coeficiente de variación y la media fueron de 35,85% y 16,3 u.

4.2.3. BROTAÇÃO EN LAS DOS LOCALIDADES

Cuadro 17. Brotación promedio de tratamientos. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (u.)
T1	11,6
T2	12,2
T3	18,2
T4	17,2
T5	13,6
T6	12,8
T7	14,4
T8	13,4

Cuadro 18. Variedades. Chaltura-Imbaya 2007

Variedades	Media (u.)
A1	12,6
A2	15,8

Cuadro 19. Abono. Chaltura-Imbaya 2007

Abono	Media (u.)
B1	14,5
B2	13,9

Cuadro 20. Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Localidades	Media (u.)
L1	14,8
L2	13,6

Cuadro 21. Interacción Variedades x Abono. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (u.)
A1B1	12,6
A1B2	12,5
A2B1	16,3
A2B2	15,3

Cuadro 22. Interacción Variedades x Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (u.)
A1L1	11,9
A1L2	13,2
A2L1	17,7
A2L2	13,9

Cuadro 23. Interacción Abono x Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (u.)
B1L1	14,9
B1L2	14,0
B2L1	14,7
B2L2	13,1

Cuadro 24. Análisis de varianza para la brotación en las dos localidades.

Chaltura-Imbaya 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal		F.tab	
						5%	1%
Total	39	819,77					
Bloques	4	72,90	18,23	0,92	n.s.	2,69	4,02
Tratamientos	7	193,77	27,68	1,40	n.s.	2,33	3,30
Variedades	1	105,62	105,62	5,35	*	4,17	7,56
Abono	1	3,02	3,02	0,15	n.s.	4,17	7,56
Localidades	1	15,62	15,62	0,79	n.s.	4,17	7,56
V x A	1	2,03	2,03	0,10	n.s.	4,17	7,56
V x L	1	65,03	65,03	3,29	n.s.	4,17	7,56
A x L	1	1,23	1,23	0,06	n.s.	4,17	7,56
V x A x L	1	1,22	1,22	0,06	n.s.	4,17	7,56
Error exp.	28	553,10	19,75				

ns = no significativo

* significativo al 5%

C V = 31,34%

X = 14,2 u.

El análisis de varianza para la brotación en las dos localidades, Cuadro 24, establece que no existe diferencia significativa para los tratamientos, abono, localidades e interacciones, mientras que las variedades presentan diferencia significativa al 5%, lo que quiere decir que la variación existente se encuentra únicamente en las variedades.

El coeficiente de variación fue de 31,34% y la media de 14,2 u.

Cuadro 25. Prueba de D.M.S. al 5% para variedades. Chaltura-Imbaya 2007

VARIETADES	MEDIAS	RANGO
V2	15,8	A
V1	12,6	A

Una vez efectuada la prueba de D.M.S. al 5% para variedades, Cuadro 25, se observa un rango, lo que indica que no existe diferencia entre las dos variedades.

4.3. TAMAÑO DEL EJE MAYOR DE LOS CLADODIOS

4.3.1. TAMAÑO DEL EJE MAYOR DE LOS CLADODIOS: LOCALIDAD CHALTURA

Cuadro 26. Tamaño del eje mayor de los cladodios promedio de tratamientos. Chaltura 2007

Tratamientos	Media (cm.)
T1	15,5
T2	18,0
T3	14,9
T4	14,5

Cuadro 27. Variedades. Chaltura 2007

Variedad	Media (cm.)
A1	16,7
A2	14,7

Cuadro 28. Abono. Chaltura 2007

Abono	Media (cm.)
B1	15,3
B2	16,2

Cuadro 29. Análisis de Varianza para el tamaño del eje mayor de los cladodios.
Chaltura 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	107,62				
Bloques	4	31,53	7,88	2,40 n.s.	3,26	5,41
Tratamientos	3	36,75	12,25	3,73 *	3,49	5,95
Variedades	1	21,03	21,03	6,41 *	4,75	9,33
Abono	1	4,93	4,93	1,50 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	10,79	10,79	3,29 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	39,34	3,28			

ns = no significativo

* = significativo al 5%

C V = 11,50%

X = 15,7 cm.

En el análisis de varianza, Cuadro 29, se observa que no existe una diferencia significativa entre, abono e interacción, mientras que los tratamientos y las variedades presentan diferencia significativa al 5%, lo que indica que existe influencia de los tratamientos y las variedades en el tamaño del eje mayor de los cladodios en la localidad de Chaltura.

El coeficiente de variación y la media fueron de 11,50% y 15,7 cm.

Cuadro 30. Prueba de Tukey al 5% para tratamientos. Chaltura 2007

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGO
T2	18,0	A
T1	15,5	A B
T3	14,9	A B
T4	14,5	B

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para los tratamientos, Cuadro 30, se observa la existencia de dos rangos, obteniendo los tratamientos T2, T1 y T3 el primer rango.

Cuadro 31. Prueba de D.M.S. al 5% para variedades. Chaltura 2007

VARIETADES	MEDIAS	RANGO
V1	16,8	A
V2	14,7	A

Una vez efectuada la prueba de D.M.S. al 5% para variedades, Cuadro 31, se observa un rango, lo que indica que no existe diferencia entre las dos variedades.

4.3.2. TAMAÑO DEL EJE MAYOR DE LOS CLADODIOS: LOCALIDAD IMBAYA

Cuadro 32. Tamaño del eje mayor de los cladodios promedio de tratamientos. Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
T1	16,4
T2	16,9
T3	16,1
T4	15,5

Cuadro 33. Variedades. Imbaya 2007

Variedad	Media (cm.)
A1	16,7
A2	15,8

Cuadro 34. Abono. Imbaya 2007

Abono	Media (cm.)
B1	16,3
B2	16,2

Cuadro 35. Análisis de Varianza para el tamaño del eje mayor de los cladodios. Imbaya 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	42,27				
Bloques	4	27,94	6,99	9,08 **	3,26	5,41
Tratamientos	3	5,05	1,68	2,18 n.s.	3,49	5,95
Variedades	1	3,68	3,68	4,78 *	4,75	9,33
Abono	1	0,04	0,04	0,05 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	1,33	1,33	1,73 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	9,28	0,77			

ns = no significativo

* = significativo al 5%

** = significativo al 1%

C V = 5,42%

X = 16,2 cm.

En el análisis de varianza, Cuadro 35, se observa que no existe una diferencia significativa entre, tratamientos, abono e interacción, mientras que las variedades presentan diferencia significativa al 5%, lo que quiere decir que las variedades influyen en el tamaño del eje mayor de los cladodios en la localidad de Imbaya.

El coeficiente de variación y la media fueron de 5,42% y 16,2 cm.

Cuadro 36. Prueba de D.M.S. al 5% para variedades. Imbaya 2007

VARIETADES	MEDIAS	RANGO
V1	16,7	A
V2	15,8	A

Una vez efectuada la prueba de D.M.S. al 5% para variedades, Cuadro 36, se observa un rango, lo que indica que no existe diferencia entre las dos variedades.

4.3.3. TAMAÑO DEL EJE MAYOR DE LOS CLADODIOS EN LAS DOS LOCALIDADES

Cuadro 37. Tamaño del eje mayor de los cladodios promedio de tratamientos. .
Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
T1	15,5
T2	18,0
T3	14,9
T4	14,5
T5	16,4
T6	16,9
T7	16,1
T8	15,5

Cuadro 38. Variedades. Chaltura-Imbaya 2007

Variedades	Media (cm.)
A1	16,7
A2	15,3

Cuadro 39. Abono. Chaltura-Imbaya 2007

Abono	Media (cm.)
B1	15,8
B2	16,2

Cuadro 40. Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Localidades	Media (cm.)
L1	15,7
L2	16,2

Cuadro 41. Interacción Variedades x Abono. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
A1B1	15,9
A1B2	17,4
A2B1	15,5
A2B2	14,9

Cuadro 42. Interacción Variedades x Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
A1L1	16,8
A1L2	16,7
A2L1	14,7
A2L2	15,8

Cuadro 43. Interacción Abono x Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
B1L1	15,3
B1L2	16,3
B2L1	16,2
B2L2	16,2

Cuadro 44. Análisis de varianza para el tamaño del eje mayor de los cladodios en las dos localidades. Chaltura-Imbaya 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal		F.tab	
						5%	1%
Total	39	152,24					
Bloques	4	8,65	2,16	0,61	n.s.	2,69	4,02
Tratamientos	7	44,16	6,31	1,78	n.s.	2,33	3,30
Variedades	1	21,16	21,16	5,96	*	4,17	7,56
Abono	1	2,07	2,07	0,58	n.s.	4,17	7,56
Localidades	1	2,36	2,36	0,66	n.s.	4,17	7,56
V x A	1	9,84	9,84	2,77	n.s.	4,17	7,56
V x L	1	3,55	3,55	1,00	n.s.	4,17	7,56
A x L	1	2,89	2,89	0,81	n.s.	4,17	7,56
V x A x L	1	2,29	2,29	0,64	n.s.	4,17	7,56
Error exp.	28	99,43	3,55				

ns = no significativo

* significativo al 5%

C V = 11,79%

X = 16,0 cm.

El análisis de varianza para el tamaño del eje mayor de los cladodios en las dos localidades, Cuadro 44, establece que no existe diferencia significativa para los tratamientos, abono, localidades e interacciones, mientras que las variedades presentan diferencia significativa al 5%, lo que quiere decir que la variación existente se encuentra únicamente en las variedades.

El coeficiente de variación fue de 11,79% y la media de 16,0 cm.

Cuadro 45. Prueba de D.M.S. al 5% para variedades. Chaltura-Imbaya 2007

VARIETADES	MEDIAS	RANGO
V1	16,7	A
V2	15,3	B

En la prueba de D.M.S. al 5% para variedades, Cuadro 45, se observa dos rangos, ocupando el primer rango la V1 que corresponde a la variedad semiespinosa, teniendo ésta mayor tamaño en cuanto a su eje mayor en las dos localidades .

4.4. TAMAÑO DEL EJE MENOR DE LOS CLADODIOS

4.4.1. TAMAÑO DEL EJE MENOR DE LOS CLADODIOS: LOCALIDAD CHALTURA

Cuadro 46. Tamaño del eje menor de los cladodios promedio de tratamientos. Chaltura 2007

Tratamientos	Media (cm.)
T1	8,1
T2	9,6
T3	9,1
T4	8,8

Cuadro 47. Variedades. Chaltura 2007

Variedad	Media (cm.)
A1	8,8
A2	8,9

Cuadro 48. Abono. Chaltura 2007

Abono	Media (cm.)
B1	8,7
B2	9,2

Cuadro 49. Análisis de Varianza para el tamaño del eje menor de los cladodios.
Chaltura 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	27,01				
Bloques	4	8,59	2,15	2,13 n.s.	3,26	5,41
Tratamientos	3	6,25	2,08	2,06 n.s.	3,49	5,95
Variedades	1	0,03	0,03	0,03 n.s.	4,75	9,33
Abono	1	1,53	1,53	1,51 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	4,69	4,69	4,64 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	12,17	1,01			

ns = no significativo

C V = 11,28%

X = 8,9 cm.

En el análisis de varianza, Cuadro 49, se observa que no existe una diferencia significativa entre, tratamientos, variedades, abono e interacción, lo que indica que no existe influencia de los tratamientos, variedades, abono e interacción en el tamaño del eje menor de los cladodios en la localidad de Chaltura.

El coeficiente de variación y la media fueron de 11,28% y 8,9 cm.

4.4.2. TAMAÑO DEL EJE MENOR DE LOS CLADODIOS: LOCALIDAD IMBAYA

Cuadro 50. Tamaño del eje menor de los cladodios promedio de tratamientos.

Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
T1	9,0
T2	9,6
T3	9,7
T4	9,5

Cuadro 51. Variedades. Imbaya 2007

Variedad	Media (cm.)
A1	9,3
A2	9,6

Cuadro 52. Abono. Imbaya 2007

Abono	Media (cm.)
B1	9,4
B2	9,5

Cuadro 53. Análisis de Varianza para el tamaño del eje menor de los cladodios.
Imbaya 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal	F.tab	
					5%	1%
Total	19	11,08				
Bloques	4	3,26	0,82	1,52 n.s.	3,26	5,41
Tratamientos	3	1,35	0,45	0,83 n.s.	3,49	5,95
Variedades	1	0,39	0,39	0,72 n.s.	4,75	9,33
Abono	1	0,10	0,1	0,19 n.s.	4,75	9,33
V x A	1	0,86	0,86	1,59 n.s.	4,75	9,33
Error exp.	12	6,47	0,54			

ns = no significativo

$C V = 7,77\%$

$X = 9,5 \text{ cm.}$

En el análisis de varianza, Cuadro 53, se observa que no existe una diferencia significativa entre, tratamientos, variedades, abono e interacción, lo que indica

que no existe ninguna influencia de los tratamientos, variedades, abono e interacción en el tamaño del eje menor de los cladodios en la localidad de Imbaya. El coeficiente de variación y la media fueron de 7,77% y 9,5 cm.

4.4.3. TAMAÑO DEL EJE MENOR DE LOS CLADODIOS EN LAS DOS LOCALIDADES

Cuadro 54. Tamaño del eje menor de los cladodios promedio de tratamientos. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
T1	8,1
T2	9,6
T3	9,1
T4	8,8
T5	9,0
T6	9,6
T7	9,7
T8	9,5

Cuadro 55. Variedades. Chaltura-Imbaya 2007

Variedades	Media (cm.)
A1	9,1
A2	9,3

Cuadro 56. Abono. Chaltura-Imbaya 2007

Abono	Media (cm.)
B1	9,0
B2	9,4

Cuadro 57. Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Localidades	Media (cm.)
L1	8,9
L2	9,5

Cuadro 58. Interacción Variedades x Abono. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
A1B1	8,6
A1B2	9,6
A2B1	9,5
A2B2	9,1

Cuadro 59. Interacción Variedades x Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
A1L1	8,9
A1L2	9,3
A2L1	8,9
A2L2	9,6

Cuadro 60. Interacción Abono x Localidades. Chaltura-Imbaya 2007

Tratamientos	Media (cm.)
B1L1	8,65
B1L2	9,39
B2L1	9,20
B2L2	9,53

Cuadro 61. Análisis de varianza para el tamaño del eje menor de los cladodios en las dos localidades. Chaltura-Imbaya 2007

FV	GL	SC	CM	F. cal		F.tab	
						5%	1%
Total	39	40,97					
Bloques	4	2,19	0,55	0,54	n.s.	2,69	4,02
Tratamientos	7	10,49	1,50	1,48	n.s.	2,33	3,30
Variedades	1	0,32	0,32	0,32	n.s.	4,17	7,56
Abono	1	1,21	1,21	1,20	n.s.	4,17	7,56
Localidades	1	2,88	2,88	2,85	n.s.	4,17	7,56
V x A	1	4,79	4,79	4,74	*	4,17	7,56
V x L	1	0,10	0,10	0,10	n.s.	4,17	7,56
A x L	1	0,42	0,42	0,42	n.s.	4,17	7,56
V x A x L	1	0,77	0,77	0,76	n.s.	4,17	7,56
Error exp.	28	28,29	1,01				

ns = no significativo

* significativo al 5%

C V = 10,93%

X = 9,2 cm.

El análisis de varianza para el tamaño del eje menor de los cladodios en las dos localidades, Cuadro 61, establece que no existe diferencia significativa para los tratamientos, variedades, abono, localidades y para las interacciones variedades x localidades y abono x localidades, mientras que para la interacción variedades x abono presenta diferencia significativa al 5%, lo que quiere decir que la variación existente se encuentra únicamente en esta interacción.

El coeficiente de variación fue de 10,93% y la media de 9,2 cm.

Cuadro 62. Prueba de Tukey al 5% para la interacción variedades x localidades (AxB) . Chaltura-Imbaya 2007

INTERACCIONES	MEDIAS	RANGO
A1B2	9,6	A
A2B1	9,5	A
A2B2	9,1	A
A1B1	8,6	A

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para la interacción variedades x localidades, Cuadro N° 62, se nota la existencia de un solo rango, determinando que no tienen mayor influencia esta interacción sobre el tamaño del eje menor de los cladodios en las localidades estudiadas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

1. No se observó ninguna diferencia en el crecimiento inicial de la planta al aportar compost en algunos tratamientos, ya que todos se desarrollaron independiente de este abono orgánico, lo que quiere decir que la planta de tuna se adapta bien a suelos sin mayor contenido de materia orgánica.
2. La variedad espinosa tuvo un mejor comportamiento inicial que la variedad semiespinosa durante los seis meses del estudio, tanto en la localidad de Chaltura como en Imbaya, ya que no presentó problemas en su sobrevivencia ni en su crecimiento inicial durante este período.
3. En la localidad de Imbaya se registró una sobrevivencia del 100% con relación a las dos variedades (espinosa y semiespinosa), mientras que en Chaltura se evidenció una mortalidad promedio del 5% entre las 2 variedades (espinosa y semiespinosa).
4. La brotación de la variedad espinosa fue superior a la brotación de la variedad semiespinosa en un número de 177 a 119 cladodios respectivamente esto se presentó en la localidad de Chaltura; en relación a la localidad de Imbaya la brotación fue superior en la variedad espinosa en un número de 139 cladodios frente a 132 de

la variedad semiespinosa, lo que evidencia que en la localidad de Chaltura hubo una mejor brotación.

5. No existió diferencia significativa en cuanto al tamaño del eje mayor de los cladodios medio en cm, ya que se registró los siguientes datos para cada tratamiento: T1 16,44 cm; T2 16,87; T3 16,10 y T4 15,50, esto para la localidad de Imbaya.

El resultado varió en la localidad de Chaltura ya que el tratamiento 2 fue diferente significativamente al realizar la comparación con el resto de tratamientos, puesto que se obtuvo: T1 15,54 cm; T2 18,00 cm; T3 14,95 cm; T4 14,48 cm; con esto se evidenció que la variedad semiespinosa tuvo un mejor desarrollo de cladodios en su eje mayor.

6. Mejor desarrollo del eje menor se presentó en la localidad de Imbaya obteniendo una mayor homogeneidad en cada uno de los tratamientos con los siguientes datos: T1 9,04 cm; T2 9,60 cm; T3 9,74 cm; T4 9,46 cm; mientras que en la localidad de Chaltura se obtuvieron datos un tanto heterogéneos sin llegar a ser significativos, los mismos son: T1 8,12 cm; T2 9,64 cm; T3 9,17 cm y T4 8,76 cm.

CAPÍTULO VI

RECOMENDACIONES

1. Se puede utilizar tanto la variedad espinosa como semiespinosa para establecer cultivos de tuna tanto en Imbaya como en Chaltura ya que las dos variedades presentan un comportamiento inicial bastante aceptable para estas dos localidades.
2. En lo posible evitar encharcamientos en terrenos con cultivos de tuna recién establecidos, ya que los cladodios tienden a pudrirse rápidamente.
3. El cultivo de tuna no necesita una mayor cantidad de nutrientes ni de un elemento en particular por lo que se recomienda no recurrir en gastos innecesarios en la compra de abonos para el cultivo en la etapa de crecimiento inicial.
4. Se recomienda plantar tunas ya que éstas consumen CO₂ en la noche en cantidades que oscilan entre 25 –30 micromoles por metro por segundo, con lo cual se reduciría en parte el problema atmosférico del excesivo efecto invernadero; además el fruto posee propiedades terapéuticas con un alto contenido de calcio (30g/100g) y de fósforo (28g/100g).

5. Para mayor facilidad en la siembra, podas y cosecha de los frutos es recomendable utilizar la variedad semiespinosa.
6. Se recomienda seguir con investigaciones respecto a este cultivo en las fases de desarrollo y producción, así como en dosis de fertilizantes y materia orgánica.

RESUMEN

Título: COMPORTAMIENTO INICIAL DE DOS VARIEDADES DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN DOS LOCALIDADES DE IMBABURA.

La presente investigación fue realizada en dos localidades de la provincia de Imbabura, la localidad número uno se encuentra ubicada en el cantón Antonio Ante, en la parroquia de Chaltura en el sector La Pradera; la localidad número dos se encuentra ubicada en el cantón Antonio Ante, en la parroquia de Imbaya; se utilizó un lote de 650 m² en cada localidad, estos lotes son propiedad de la granja experimental “La Pradera” en la primera localidad y de la asociación de profesores en la segunda localidad; en cada uno de estos lotes fueron ubicados 160 cladodios de tuna, 80 de la variedad semiespinosa y 80 de la variedad espinosa; se incorporó 1 Kg. de compost en 40 cladodios de cada variedad.

El objetivo principal fue evaluar el comportamiento inicial de dos variedades de tuna (*Opuntia ficus-indica*) en dos localidades de la provincia de Imbabura; para de esta manera obtener y medir los parámetros de desarrollo, crecimiento y brotación relacionándolos con el lugar en el cual se encontraban.

El material vegetativo fue adquirido de las dos localidades en las cuales se realizó la investigación, destacando que la variedad semiespinosa se la obtuvo en Chaltura y la variedad espinosa en Imbaya, el compost se lo obtuvo en RUEDAGRO en Ibarra y los análisis de los suelos de las localidades se los realizaron en LABONORT en la ciudad de Ibarra.

Al realizar este trabajo, se obtuvo valiosa información, se midió 3 parámetros, los cuales fueron: sobrevivencia del material vegetativo, brotación de

cladodios y tamaño de los cladodios tanto en su eje mayor como en su eje menor.

En cuanto a la sobrevivencia (Cuadros 3 al 6) se puede destacar que hubo un buen porcentaje de prendimiento en Chaltura con un promedio del 95% entre las dos variedades, pero mejores resultados se los obtuvieron en Imbaya en el cual el promedio de prendimiento fue del 100%.

Con respecto a la brotación (Cuadros 7 al 25) en la localidad de Chaltura se obtuvieron medias de 11,6; 12,2; 18,2 y 17,2 unidades correspondientes a cada tratamiento; datos muy similares son los que se registraron en Imbaya con medias de 13,6; 12,8; 14,4 y 13,4 unidades obtenidas de cada tratamiento.

El tamaño de los cladodios, en lo que corresponde a su eje mayor (Cuadros 26 al 45) en la localidad de Chaltura, tuvo un desarrollo desigual en los tratamientos ya que el tratamiento 2, que corresponde a la variedad semiespinosa con 1 Kg. de compost, obtuvo un promedio de 18 cm. siendo muy superior a los otros tratamientos que obtuvieron promedios de 15,5 cm.; 14,9 cm. y 14,5 cm. respectivamente; caso distinto se detectó en Imbaya en la cual todos los tratamientos tuvieron un desarrollo más parejo con promedios de 16,4 cm.; 16,9 cm.; 16,1 cm. y 15,5 cm. correspondientes a cada tratamiento.

Con relación al tamaño de los cladodios en su eje menor (Cuadros 46 al 62) no hubo mayores diferencias en los promedios obtenidos en los tratamientos de las dos localidades, ya que para la localidad de Chaltura promedios de 8,1 cm.; 9,6 cm.; 9,1 cm. y 8,8 cm. en sus tratamientos no difieren mayormente de la localidad de Imbaya que dio como resultados 9,0 cm.; 9,6 cm.; 9,7 cm. y 9,5 cm. estos son los promedios obtenidos por cada tratamiento.

SUMMARY

Title: INITIAL BEHAVIOR OF TWO VARIETIES OF PRICKLY-PEAR (*Opuntia ficus-indica*) IN TWO LOCATIONS OF IMBABURA.

This investigation was performed in two places of Imbabura province. The first place is in Chaltura, Antonio Ante in the sector called La Pradera. The second place is located in Imbaya, Antonio Ante. In each place a land of 650 m² was used. The first land belongs to the experimental farm La Pradera, and the second land belongs to the Teacher's Association. In each place 160 roots of prickly pear were sowed. Eighty belonged to the semi-prickly variety and the other eighty belonged to the prickly variety. A kilogram of compost was placed in 40 roots of each variety.

The main objective was to evaluate the initial behaviour of these two varieties in two different places of the province, so that we can obtain and measure the parameters of development, growth, and sprout related to the place where they were located.

The plants were bought in the same places where the research was applied. The semi-prickly variety was obtained in Chaltura, and the prickly variety, in Imbaya. The compost was obtained in RUEDAGRO. The analysis of soil was developed in LABONORT in Ibarra.

At the end of this research valuable information was obtained. Three parameters were measured: survival of the vegetative material, sprout of the roots and their size, including the major and the minor spindle.

In relation to the survival, it can be observed from chart 3 to chart 6 that Chaltura has a percentage of 95%, which is really good, but the highest percentage was obtained in Imbaya with 100%.

In relation to the sprout (charts 7 to 25) averages of 11,6; 12,2; 18,2 y 17,2 units, which correspond to each treatment, were obtained in Chaltura. In Imbaya, the results were similar with 13,6; 12,8; 14,4 y 13,4 units.

In relation to the size of the major spindle (charts 26 to 45), had different results according to the treatment applied. Treatment # 2, which corresponds to the semi-prickly variety with 1 k of compost, reached the average of 18 cm. This size is superior to the other treatments which reached the average of 15,5 cm.; 14,9 cm., and 14,5 cm respectively. In Imbaya the results were different; all the treatments developed similarly with averages of 16,4 cm.; 16,9 cm.; 16,1 cm. and 15,5 cm corresponding to each treatment.

In relation to the size of the minor spindle (charts 46 to 62) differences were very little in the obtained averages in the two places. In Chaltura, averages were 8,1 cm.; 9,6 cm.; 9,1 cm. and 8,8 cm. These do not differ a lot from the ones of Imbaya with averages of 9,0 cm.; 9,6 cm.; 9,7 cm. and 9,5 cm. These are the results obtained in each treatment.

BIBLIOGRAFÍA

1. ABUNDIZ-BONILLA, L. (1990). El género *Selaginella* Pal. Beauv. (SELAGINELLACEAE, LYCOPODIOPHYTA) en el oeste del Estado de México. *Acta Botánica Mexicana*. No II. Instituto de Ecología. pp 23-47.
2. ACKERMAN B. et.al. (1995). Las Gramíneas de México. Tomo IV. COTECOCA-SARH.
3. ACOSTA C., S. (1999). Plantas útiles de San Pedro Cafetitlán y Pluma Hidalgo, Pochutla, Oax. CIDIR-Oaxaca (En prensa).
4. ANAYA, C.M.C. (1989). Estudio de la subfamilia bambusidae (Poaceae), con revisión taxonómica para el estado de Jalisco, México. Tesis Profesional. Facultad de Agronomía. Universidad de Guadalajara. 149 p.
5. AYERDE, L. D. (1989). Diagnóstico de la actividad forestal en el estado de Guerrero. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo.
6. BALDERAS, R. R. N. CASTILLO A. (1988). Descripción del estrato herbáceo del predio "Alta Siberia", Municipio de Texcoco. Estado de México. Tesis. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 94 p.
7. BARBERA, et. al. (1993). Mejoramiento de la calidad del nopal a través de podas fitosanitarias y formativas. Universidad del Estado de México. *Acta Botánica Mexicana*. 74 p.
8. BARRERA C., E. (1998). Estudio etnobotánico de plantas medicinales en La Estacada, Municipio de Tixtla. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Químico-Biológicas. Universidad Autónoma de México.
9. BELLO G. (1987). Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán. CEMCA/SARH/INIFAP. 193 p.
10. BENITO B. (1987). Estudio de una hemiparásita de encino en un bosque del estado de Morelos. In: X Congreso Mexicano de Botánica (septiembre-octubre). Guadalajara, Jal. pp. 132.

11. BOYAS D., J.C. (1992). Determinación de la productividad, composición y estructura de las comunidades arbóreas del Estado de Morelos. Tesis Doctoral. Fac. de Cienc. UNAM. México.
12. BYE, R. LINARES, E. (1999). Medicinal plant diversity of México and its potential for animal health sciences. In: T. P. Lyons and K. A. Jaques (eds.). Biotechnology in the feed industry. Proceedings of Alltech's Fifteenth Annual Symposium. pp 265-294.
13. CABRERA T. et. al. (1998). Alimentos en la naturaleza. Algunas plantas comestibles, silvestres arvenses. SEMARNAP. México, D.F. 160 p.
14. CAMACHO M. et. al. (1993). Guía tecnológica para el cultivo del Chapulixtle (*Dodonea viscosa* (L) Jacq. Guía Tecnológica No 1. CENID-COMEF/INIFAP. México. 36 p.
15. DAVIS, T. (1982). Jaltomata (*Solanaceae*) in Mexico and Central America. Economic Botany.
16. EGUILUZ P., T. (1978). Ensayo de integración de los conocimientos sobre el genero *Pinus* en México. Tesis Licenciatura. UACH. Chapingo, Edo. de Méx.
17. FERNÁNDEZ-POLA, J. (1996). Cultivo de plantas medicinales, aromáticas y condimenticias. Ediciones OMEGA. Barcelona, España. 301 p.
18. GARCÍA A. et. al. (1998). Pináceas de Durango. Instituto de Ecología-CIIDIR-IPN. Durango, Dgo. México. 179 p.
19. HEIKE, V. (1997). Lista florística de plantas vasculares silvestres en San Juan Quetzalcoapan, Tlaxcala, México. Escuela de Ciencias. Universidad del Estado de México. Acta Botánica Mexicana.
20. INGLESE, et. al. (1995). Uso de hormonas en cultivos de regímenes hídricos xéricos. Instituto de Ecología, A.C. y University of California. 245 p.
21. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRÍCOLAS DE MÉXICO. (1982). Ciclos de cultivo. SARH. México, D.F.
22. MARTÍNEZ M., A. (1987). Estudio epidométrico de *Pinus michoacana* var. *cornuta* Martinez en la meseta de Tapalpa, Jalisco. Tesis Licenciatura. Facultad de Agricultura, Universidad de Guadalajara. 82 p.
23. NOBEL (1995). Ecofisiología de las *Opuntias*. México. Universidad Autónoma de México (UNAM). 324 p.

24. PEMBERTON. (1995). Estudio y diferenciación general de las enfermedades de las Cactáceas. Universidad de Michigan. 112 p.
25. PHILLIPS, R. (1991). Absorción de los nutrientes del suelo por parte de las plantas del género opuntia. Little, Brown and Company. Hong Kong. 319 p.
26. SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA DE MEXICO. (1989). Tintes vegetales. Cartilla teórico-práctica en educación ambiental. SEDUE. Subsecretaria de Ecología. 33 p.
27. SOSA V. Y A. GÓMEZ, P. (1994). Relaciones entre la productividad de las opuntias y la absorción neta de CO₂. Instituto de Ecología, A.C. y University of California. México, D.F. 245 p.
28. SUÁREZ, C. (1997). Las opuntias como material forrajero. Región del Lago de Pátzcuaro. Centro de Estudios Sociales y Ecológicos.
29. TOLEDO M., C. A. (1994). Afecciones de la luz en la entrada neta de anhídrido carbónico en especies de regímenes secos. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. pp 208.
30. VIGUERAS G. (1997). Algunas plantas insecticidas utilizadas tradicionalmente en México. In: V Congreso Estatal de Biología. IV Jornadas de Biología. División de Ciencias Ambientales. Universidad de Guadalajara. Biólogos Colegiados de Jalisco.
31. VILLA Y ALONSO. (1995). Estudio de producción e incremento de biomasa en Opuntias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. División Forestal. Ciencia Forestal Vol. 20 No 77 ISSN 0185-2418. México.
32. WEEB D., B. (1994). Relaciones de temperature de las Opuntias. Overseas Development Administration. London, England.
33. ZAVALA CH., F. (1989). Identificación de encinos de México. DICIFO. UACH. Chapingo, México. 150 p.

ANEXOS

1. Registros empleados.

LOCALIDAD 1 CHALTURA-GRANJA " LA PRADERA

Sobrevivencia (expresado en porcentaje)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

Brotación (Expresado en unidades)

Tamaño de los cladodios – eje mayor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

Tamaño de los cladodios – eje menor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

LOCALIDAD 2

IMBAYA

Sobrevivencia (expresado en porcentaje)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

Brotación (expresado en unidades)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

Tamaño de los cladodios – eje mayor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

Tamaño de los cladodios – eje menor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1							
T2							
T3							
T4							
Σ							

2. Datos tomados.

LOCALIDAD 1

CHALTURA-GRANJA " LA PRADERA 

Sobrevivencia (expresado en porcentaje)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	100	100	100	100	100	500	100
T2	100	100	87,5	75,0	100	462,5	92,5
T3	87,5	87,5	100	100	100	475,0	95,0
T4	87,5	100	100	87,5	87,5	462,5	92,5
Σ	375,0	387,5	387,5	362,5	387,5	1900,0	95,0

Brotación (expresado en unidades)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	13	16	8	14	7	58	11,60
T2	12	15	10	11	13	61	12,20
T3	14	15	18	18	26	91	18,20
T4	19	21	18	16	12	86	17,20
Σ	58	67	54	59	58	296	14,80

Tamaño de los cladodios – eje mayor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	12,30	13,08	20,74	17,55	14,01	77,68	15,54
T2	15,48	16,83	19,79	20,43	17,46	89,99	18,00
T3	14,66	15,15	14,37	14,98	15,61	74,77	14,95
T4	14,03	15,30	14,69	15,13	13,24	72,39	14,48
Σ	56,47	60,36	69,59	68,09	60,32	314,83	15,742

Tamaño de los cladodios – eje menor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	7,07	5,74	9,59	10,25	7,96	40,61	8,12
T2	7,93	9,16	10,82	10,15	10,16	48,22	9,64
T3	8,95	9,03	8,64	9,08	10,16	45,86	9,17
T4	8,27	9,01	9,41	8,68	8,41	43,78	8,76
Σ	32,22	32,94	38,46	38,16	36,69	178,47	8,92

LOCALIDAD 2

IMBAYA

Sobrevivencia (expresado en porcentaje)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	100	100	100	100	100	500	100
T2	100	100	100	100	100	500	100
T3	100	100	100	100	100	500	100
T4	100	100	100	100	100	500	100
Σ	400	400	400	400	400	2000	100

Brotación (expresado en unidades)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	29	12	12	3	12	68	13,60
T2	16	14	11	9	14	64	12,80
T3	15	13	13	14	17	72	14,40
T4	12	14	16	14	11	67	13,40
Σ	72	53	52	40	54	271	13,55

Tamaño de los cladodios – eje mayor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	18,32	17,38	16,57	13,40	16,53	82,20	16,44
T2	17,54	18,36	17,31	15,86	15,29	84,36	16,87
T3	16,86	16,79	16,29	14,04	16,51	80,49	16,10
T4	18,17	15,31	14,94	13,46	15,61	77,49	15,50
Σ	70,89	67,84	65,11	56,76	63,94	324,54	16,227

Tamaño de los cladodios – eje menor (expresado en centímetros)

	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE IV	BLOQUE V	Σ	PROMEDIO
T1	9,80	10,07	9,04	7,07	9,23	45,21	9,04
T2	10,22	10,36	9,53	9,60	8,29	48,00	9,60
T3	9,63	9,66	10,54	9,11	9,74	48,68	9,74
T4	9,79	9,05	9,4	9,28	9,80	47,32	9,46
Σ	39,44	39,14	38,51	35,06	37,06	189,21	9,46

3. Resultados de los análisis de suelo

		LOCALIDAD 1	LOCALIDAD 2
NOMBRE	UNIDADES	CHALTURA	IMBAYA
NH₄	ppm	37.50	39.00
NO₃	ppm	17.00	18.00
MO	%	3.50	3.00
Fósforo	Ppm	18	21
Potasio	meq/100g	0.2800	0.2400
Calcio	meq/100g	6.200	5.900
Magnesio	meq/100g	1.7	1.4
CE	mmhos/cm	0.6	0.4
pH		6.8	6.6

4. Fotografías del trabajo práctico



Foto 1. Información en la cual se indica la nomenclatura de los tratamientos de la investigación.



Foto 2. Realización del hoyado para ubicar los cladodios en sus respectivos tratamientos.



Foto 3. Proceso de esparcimiento del compost en los respectivos hoyos de los tratamientos correspondientes.



Foto 4. Delimitación de cada uno de los tratamientos de la investigación



Foto 5. Parcela de la investigación ubicada en Chaltura 5 meses después de haberse instalado el ensayo.



Foto 6. Parcela de la investigación ubicada en Imbaya 5 meses después de haberse instalado el ensayo.



Foto 7. Variedad semiespinosa ubicada en Chaltura 6 meses después de haberse iniciado la investigación.



Foto 8. Variedad semiespinosa ubicada en Imbaya 6 meses después de haberse iniciado la investigación.



Foto 9. Variedad espinosa ubicada en Chaltura 6 meses después de haberse iniciado la investigación.



Foto 10. Variedad espinosa ubicada en Imbaya 6 meses después de haberse iniciado la investigación.



Foto 11. Medición del eje mayor de los cladodios.

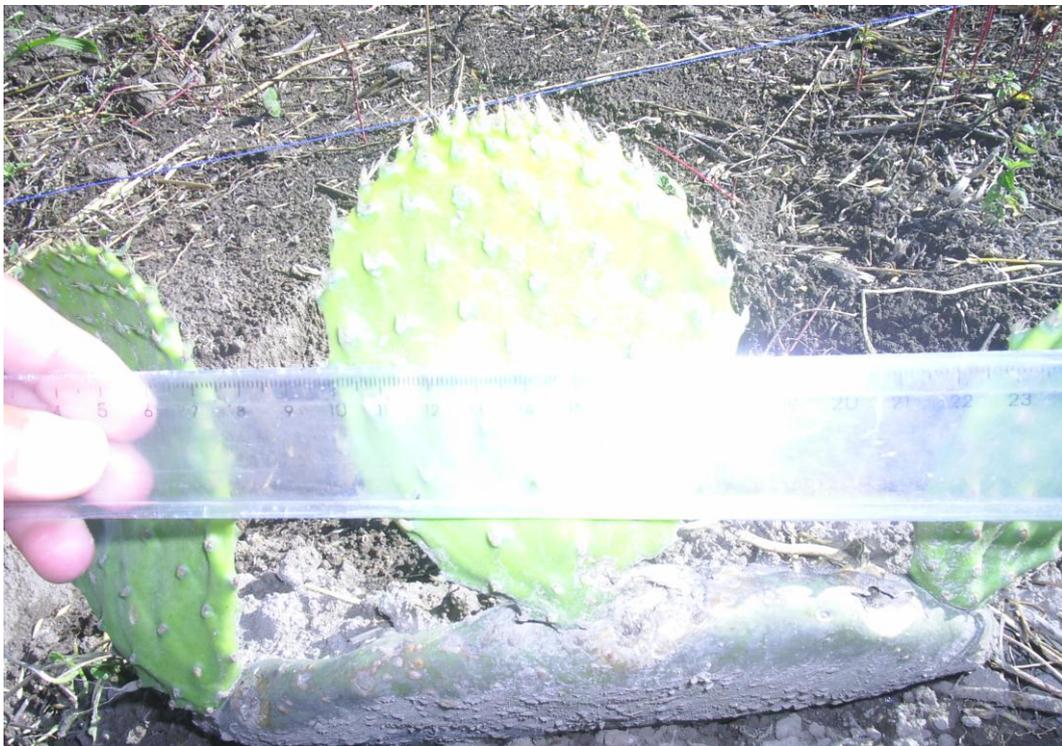


Foto 12. Medición del eje menor de los cladodios.