

Aspetti economici dell'irrigazione agricola e ricerche sull'irrigazione negli USA

Jimmye S. Hillmann*

1. Introduzione

Una delle prime cose che gli agricoltori imparano in un ambiente arido è la natura limitante della disponibilità di acqua destinata alla produzione agricola. A ben guardare si potrebbe dire che è l'acqua, piuttosto che la terra, ad essere il principale fattore limitante per l'agricoltura e per la produzione mondiale di cibo. Questo è senz'altro vero in particolari situazioni a livello locale e regionale. Almeno il 40% della superficie terrestre si trova in zone aride o semi-aride, e questa è una ragione sufficiente per prestare particolare attenzione all'utilizzo dell'acqua ed alle tecnologie irrigue. Una ragione ancor più forte ci deriva però dal fatto che un terzo del raccolto mondiale proviene da terreni agricoli irrigati, rappresentanti il 17% dei terreni totali messi a coltura (Postel, pp. 7-8). Ad esempio il 10% dei terreni messi a coltura negli USA, pari a 19 milioni di ettari, sono irrigati. In Italia sono il 25% con circa 3 milioni di ettari.

Questa relazione non si occuperà delle tecniche irrigue o delle analisi costi-benefici per grandi progetti irrigui; neppure si occuperà dei modelli per acque sotterranee o dei complessi problemi legati alla distribuzione di acqua attraverso i confini internazionali. L'"Acqua" è un argomento molto vasto! L'utilizzo dell'acqua per scopi agricoli è anche un argomento molto vasto. L'irrigazione agricola è un soggetto più limitato, ma io vorrei limitare ancora di più il tema di questa trattazione, ad esempio occupandomi delle esperienze di una unica regione nel campo dell'agricoltura irrigua: sto parlando di quella zona che riunisce i deserti aridi nel Sud-Ovest degli Stati Uniti (Arizona, California, Colorado, Nevada, New Mexico e Utah) e che possiede

* Professor and Head Department of Agricultural Economics, University of Arizona, Tucson, Arizona, U.S.A.

una delle agricolture più produttive a livello mondiale. In gran parte ciò è dovuto a dei metodi irrigui molto sofisticati e a dei programmi di ricerca avanzati in questo campo; inoltre questa regione si trova "in prima linea" per quanto riguarda la competizione intra-agricola e tra la campagna e la città per l'uso dell'acqua. Tutto ciò conduce tale regione alla ricerca di valide risposte a delle questioni di ordine ambientalistico connesse all'utilizzazione irrigua dell'acqua. Probabilmente inoltre l'Arizona dispone della legislazione più avanzata degli Stati Uniti in fatto di irrigazione di superficie: questa è scaturita direttamente dalla competizione tra l'agricoltura ed altre attività. Il mondo ha molto da imparare a proposito di quanto sta accadendo in queste zone od in altre, come in Israele.

L'Arizona ha una lunga tradizione in materia di problemi connessi con lo sviluppo economico in un ambiente povero di acqua. Storicamente, le limitazioni di fonti superficiali di acqua posero un limite preciso alla crescita economica. I miglioramenti tecnologici per il pompaggio di acque sotterranee misero a disposizione una grande ed invisibile riserva di acqua. Le ricerche in questo settore aumentarono sensibilmente ed acquistarono un carattere di urgenza negli anni '50 e '60 quando la richiesta di acqua per uso civile ed industriale divenne impellente. Tuttavia la scarsità di acqua è dovuta principalmente all'agricoltura irrigua. L'agricoltura in Arizona – come in tutto il Sud-Ovest arido – consuma l'80% e più di tutta l'acqua utilizzata. Stime attuali indicano che lo Stato dell'Arizona consuma 1.7 volte la disponibilità annuale di acqua superficiale e sotterranea. I tre fattori principalmente responsabili dell'aumentata indisponibilità di acqua sono: l'abbassamento delle falde; l'aumento dei prezzi energetici; la competizione per l'acqua da parte dei settori economici non agricoli. Questa relazione verterà appunto su questi tre punti.

2. Provvista ed utilizzazione dell'acqua irrigua

L'acqua, quando disponibile in quantità illimitate e "regolari" può essere utilizzata a discrezione dell'agricoltore. Un maggior problema sorge quando l'acqua è disponibile in quantità troppo elevate tanto da rendere necessario il drenaggio, o, come nel caso di zone aride, in quantità così ridotte da renderne il costo di approvvigionamento relativamente alto. Si entra in un altro ordine di problemi quando per esempio l'acqua è disponibile in quantità irregolari ed imprevedibili, come in molte regioni del mondo. Una delle caratteristiche per così dire "forti" dell'agricoltura irrigua – sia di quelle total-

mente irrigue che di quelle in cui l'imposizione è di soccorso – è appunto la possibilità di conseguire un raccolto sicuro ed una produzione sistematica del prodotto, sempre che si abbiano a disposizione delle strutture adeguate per la provvista di acqua per gli anni siccitosi.

Dalla II Guerra Mondiale, lo sviluppo accelerato dell'agricoltura intensiva ha determinato un'inesorabile pressione sulle limitate risorse idriche delle già accennate zone desertiche degli Stati Uniti. Nell'ultimo decennio si è assistito alla conclusione del più recente e maggior progetto di bonifica finanziato dallo Stato in questa regione: il "Central Arizona Project". Inoltre la crisi energetica ha definitivamente compromesso la possibilità di disporre di abbondanti quantità di acque sotterranee come nel passato. L'incremento dei costi per l'irrigazione è stato inevitabile. In aggiunta a ciò, la qualità dell'acqua stessa è gradualmente peggiorata: il contenuto salino di molti fiumi del Sud-ovest è percentualmente aumentato, con le relative conseguenze negative sulla resa alla raccolta.

I diversi livelli tecnologici nello sviluppo e la utilizzazione dell'acqua per scopi irrigui in Arizona si sono evoluti secondo il seguente schema: 1) approvvigionamento diretto da parte degli agricoltori dell'acqua dai fiumi e dalle sorgenti; 2) rudimentali sistemi di pompaggio dell'acqua sotterranea proveniente da pozzi superficiali per l'utilizzo in sede; 3) aumento della potenza di pompaggio e possibilità di irrigare i campi per gravità su distanze maggiori, usufruendo di larghi canali non cementati; 4) rivestimento dei canali con gettate di cemento per risparmiare acqua, e l'invenzione di pompe più grandi per sollevare l'acqua da pozzi più profondi; 5) passaggio dalle pompe elettriche a quelle alimentate a gas, quando il gas come fonte di energia divenne meno caro e soprattutto disponibile anche nelle zone più remote; 6) utilizzazione dell'irrigazione a pioggia per mezzo di condutture con pressione prodotta da grandi motori; 7) livellamento dei campi con l'uso combinato dei laser e di potenti macchine per movimento di terra; 8) utilizzazione dell'irrigazione a goccia e a "sorso" nonché di sistemi scientifici per la distribuzione dell'acqua allo scopo di evitare sprechi e regolarne l'assorbimento da parte delle piante; 9) tecniche avanzate per la programmazione dell'irrigazione. Questa esperienza dell'Arizona è stata maturata (lo è e lo sarà) anche per altre regioni del mondo dove l'agricoltura è sempre più dipendente dalle tecnologie irrigue.

Nel mentre si assisteva a tutti questi passaggi di livello gestionale dell'acqua, gli agronomi ed i genetisti erano comunque impegnati nel creare e sviluppare varietà di piante adattabili alla minore qualità e quantità di acqua. Grossi progressi sono stati fatti per il cotone e

i cereali, resi resistenti ad eventuali situazioni di stress per mancanza e minor qualità dell'acqua.

III. Gestione dell'acqua in condizioni irrigue

E' difficile parlare dell'aspetto gestionale dell'acqua senza, al contempo, affrontare lo stesso aspetto dal punto di vista dei sistemi colturali ed anche dei problemi legislativi ed ambientali che in qualche modo si scontrano con l'utilizzo della stessa. La gestione dei sistemi colturali comprende delle attività quali la preparazione stagionale del terreno, la distribuzione di eventuali fertilizzanti, la difesa del raccolto da erbe infestanti, insetti e malattie, e può anche comprendere la distribuzione supplementare di acqua come integrante alla umidità del terreno.

Dall'altro canto, i sistemi gestionali riguardanti l'acqua vera e propria, sono quelli che più specificatamente si preoccupano di modificare l'umidità del terreno per influenzare lo sviluppo della pianta. Questi includono le tecniche di "minimum tillage", le colture a maggese, terrazzamenti e sistemi di drenaggio. Naturalmente sono poi le diverse varietà ed il periodo della semina a determinare la necessità di acqua, ed è qui che i sistemi di irrigazione entrano in gioco.

I sistemi di irrigazione tradizionali consistevano di canali atti a condurre l'acqua per gravità dalla sorgente alla zona di distribuzione. Ancora per gravità l'acqua veniva distribuita alle piante. Questo è ancora un metodo di irrigazione largamente in voga, benché sia i motori elettrici che quelli a combustione vengano oramai utilizzati per pompare l'acqua ad alte pressioni attraverso le condutture fino agli spruzzatori. Alcune nuove tecnologie hanno inoltre reso possibile la distribuzione dell'acqua a basse pressioni mediante i diversi metodi di irrigazione a goccia. Questi metodi distribuiscono una piccola quantità di acqua direttamente in prossimità della radice della pianta. La distribuzione programmata – sia in termini quantitativi che qualitativi – dell'acqua, allo scopo di soddisfare precisamente le necessità della pianta, è la meta prefissata.

Una volta impostato un sistema di irrigazione, la pianificazione ed il completamento di un programma gestionale dipenderà in gran parte da aspetti di natura finanziaria. Questi valutano le dimensioni del capitale a lungo termine necessario alla creazione di pozzi irrigui (se indispensabili), di canali o di tubi, ed alla applicazione delle diverse tecnologie di distribuzione. E' anche necessario un piano finanziario adeguato per la restituzione del capitale preso in prestito.

L'efficienza dell'utilizzazione dell'acqua è un aspetto di estrema importanza. Wade ha reso conto nella seguente semplice tavola (Tavola 1.) dell'inefficienza nell'approvvigionamento ed uso dell'acqua (p. 175):

Tavola 1. Cause di riduzione dell'efficienza d'uso dell'acqua

Acqua alla sorgente

Attrezzature del pozzo

Motore

Tipo di energia, regolazione dei tempi, affidabilità, costo

Canali di conduzione

Infiltrazione profonda dovuta a fanghiglia

Evaporazione

Falle nelle condutture e nelle canale

Sistemi di distribuzione

Scorrimento

Non uniformità di distribuzione

Evaporazione

Percolazione profonda

Su campo

Cattiva gestione dei tempi

Piante ed insetti competitivi

Acqua non disponibile a livello della radice.

Insomma la capacità irrigua del sistema, le necessità energetiche e la quantità e la qualità dell'acqua sono i principali fattori da tenere in considerazione nel progettare un sistema di irrigazione. Ovviamente il costo d'ottenimento dell'acqua ed il costo del sistema comprese tutte le complesse possibilità di soddisfare con l'acqua a disposizione le esigenze della pianta sono le importanti caratteristiche di una gestione giudiziosa dell'acqua, delle rese e del successo imprenditoriale.

IV. La ricerca nel campo dell'Economia dell'irrigazione e delle tecnologie irrigue

Da oltre 50 anni si conducono ricerche nel campo dell'agricoltura irrigua in Arizona. La maggior parte dell'attenzione si è concentrata sui problemi economici inerenti all'ingegneria applicata ed a studi agronomici sul contenuto salino del terreno. Questi studi continuano tuttora e rappresentano un impegno sia per comprendere ulteriori problemi relativi all'acqua che nell'assistere gli agricoltori verso un miglioramento dei loro profitti.

Studi più recenti hanno invece focalizzato i temi della gestione dell'azienda agraria e delle economie di produzione. Il costo dell'irrigazione utilizzando le pompe era la questione principale in attesa di una risposta. Diversi studi seguirono questa scia durante il primo decennio dopo la Seconda Guerra Mondiale.

Poi seguì il monumentale studio *"Riserve idriche e crescita economica in un ambiente arido"* (Kelso, Martin e Mack) che affrontò il problema "acqua" in termini generali: dal clima al territorio, fino a considerare in termini di sviluppo economico le necessità idriche. L'agricoltura irrigua era ovviamente al centro di questa analisi economica e sia la teoria che la pratica derivanti da questo studio a lungo termine, divennero teoria e pratica standard nel campo dell'economia dell'irrigazione. Non si può fare altro che riassumere questa analisi economica.

Il seguente riassunto del metodo analitico utilizzato da Kelso, Martin e Mack è tutto ciò che il tempo e lo spazio mi concedono di presentare. Cito direttamente la loro analisi (pp. 47-48):

"Possiamo ora riassumere il nostro modo di vedere il problema dell'economia dell'Arizona quale consumatrice di acqua e come ne affrontiamo l'analisi economica.

1. Esistono numerosi differenti consumatori di acqua, alcuni utilizzanti delle piccole quantità di acqua ma, relativamente all'uso, di grande valore per loro; e altri utilizzanti grandi quantità destinate ad altri usi ma di notevole minor valore, fino al punto in cui l'acqua non verrebbe ad essere utilizzata fosse anche "gratis".

2. La tipica curva di domanda del consumatore d'acqua è una curva discontinua (broken-backed curve) – modeste quantità di acqua ad alto valore o produttività e relativamente grandi quantità a valori o produttività bassi.

3. Sebbene ciascun consumatore sia un individuo commerciale, una ditta o una famiglia per esempio, questi possono essere classificati a gruppi a seconda delle caratteristiche in comune quali consumatori di acqua. Per i nostri scopi consideriamo l'agricoltura irrigua come un'unica classe, poiché utilizza grandi quantità di acqua a bassi livelli di produttività. Perciò l'agricoltura irrigua rappresenta la classe marginale di consumatori tra la totalità delle classi di consumatori.

4. All'interno della stessa classe dell'agricoltura irrigua, esistono alcuni impieghi che consumano relativamente piccole quantità di acqua ad alti livelli di valore o produttività mentre ne esistono altri che consumano relativamente grandi quantità a basso valore o produttività. Il grafico illustrante tale relazione tra valori e quantità rappresenta la curva di domanda marginale dell'acqua.

5. I volumi di acqua che saranno disponibili per una determinata zona o per Stato in totale ai diversi livelli di aumento del prezzo, possono essere determinati e rappresentati in forma grafica o tabulare. Queste sono le funzioni economiche marginali per le riserve di acqua disponibili all'interno dello Stato.

6. All'incremento del costo dell'acqua, si può determinare, dalla combinazione delle curve di domanda e di disponibilità dell'acqua, quanta acqua in meno utilizzerà l'agricoltura irrigua e dimensionare di conseguenza la diminuzione della produzione e del reddito netto che tale riduzione provocherebbe.

7. Proiettando nel tempo l'aumento del costo dell'acqua, è possibile stimare il probabile tasso di diminuzione delle superfici messe a coltura, la resa per raccolto, il ricavo totale in dollari ed il reddito netto per l'agricoltura irrigua nel tempo.

8. Determinando un fattore moltiplicatore tra la produzione totale dell'agricoltura irrigua ed il reddito derivante da tutte le attività correlate, ed aggiungendovi il reddito non prodotto dall'agricoltura a causa della riduzione di produzione totale, si può stimare la diminuzione sul reddito totale dello Stato risultante da una qualsiasi progettata riduzione di prodotto "irriguo" causata a sua volta da una incombente scarsità di acqua.

9. Stimando le alternative possibilità di occupazione sia per gli uomini che per le risorse rese disponibili a causa dei tagli nell'agricoltura irrigua, e sottraendo questo valore dalla diminuzione di reddito totale calcolata al punto 7., è possibile valutare la perdita netta di reddito che colpirebbe le persone nel tempo sempre a causa dei tagli progettati nell'agricoltura irri-

gua. Tale stima può sempre essere impostata su basi per acro-di-acqua al fine di ottenere il vero valore di un acro irrigato".

A questa vasta e decisiva analisi, seguirono altre ricerche più particolareggiate e rifinite; (ovviamente questo tipo di studi non si svolgeva unicamente in Arizona). Ad esempio, sempre in Arizona, negli ultimi dieci anni le analisi economiche sono state completate in questo modo:

1. *Crop-water Production Functions: Economic Implications for Arizona* (Ayer and Hoyt).

2. *Laser Leveling and Farm Profits* (Daubert and Ayer)

3. *Drip Irrigation for Cotton Implications for Farm Profits* (Wilson, Ayer and Snider).

Ognuno di questi lavori, indirizzati principalmente verso il processo produttivo delle colture irrigue, estrapola fino all'ultima questione il problema della massimizzazione delle rese e del profitto economico per i coltivatori operanti in condizioni irrigue. La teoria economica è utilizzata al massimo.

Ayer e Hoyt derivano diverse implicazioni generali dal loro studio sulle funzioni di produzione raccolto-acqua. A livello dell'azienda agraria essi affermano (p. 16):

"1) Forse la più importante implicazione a livello dell'azienda agraria è che in aree laddove il prezzo dell'acqua è medio-alto, i profitti possono essere incrementati se le applicazioni di acqua vengono ridotte al di sotto di quelle che generalmente si distribuiscono al fine di massimizzare la resa. Generalmente bisognerebbe diminuire di 6 pollici di acqua per acro (una normale irrigazione), ed anche più per il cotone, il frumento ed il sorgo.

2) Nelle zone con acqua a basso prezzo, gli agricoltori riescono a massimizzare i loro profitti semplicemente distribuendo circa la medesima quantità di acqua richiesta per massimizzare la resa. Le attuali raccomandazioni da parte dei servizi di consulenza per la gestione irrigua dovrebbero essere valide sia dal punto di vista tecnico che economico.

3) L'efficienza di distribuzione dell'acqua ha un minimo impatto sui profitti a breve termine per prezzi dell'acqua conte-

nuti, mentre ha un grande impatto per i profitti a breve termine conseguiti con acqua a prezzo elevato. Appunto per questo vi è poco incentivo da parte degli agricoltori a mantenere efficiente il sistema di distribuzione quando il costo dell'acqua è basso. Tuttavia, potrebbe essere economicamente razionale migliorare l'efficienza distributiva quando il prezzo dell'acqua è elevato. Per il frumento ed il sorgo, una combinazione tra prezzi elevati (5 dollari a pollice per acro) ed una povera efficienza distributiva (50%) implica delle nette perdite finanziarie. E' necessaria un'analisi costi-benefici a lungo termine degli investimenti di capitale nell'efficienza distributiva, per poter stimare i benefici netti di un particolare investimento.

4) L'efficienza della pompa di irrigazione può notevolmente influenzare i profitti a breve termine. Una buona gestione allora farà in modo di controllare e revisionare l'efficienza della pompa come di compararne i benefici a lungo termine con i costi, sempre a lungo termine, delle riparazioni o della eventuale sostituzione.

5) Se l'acqua a disposizione dell'azienda è limitata, i profitti totali possono essere massimizzati irrigando un numero di acri relativamente grande a relativamente bassi tassi irrigui per acro, piuttosto che applicare alti tassi irrigui ad un minor numero di acri".

Nella loro analisi gli stessi Autori compiono le seguenti osservazioni sulla "Politica di conservazione idrica" (pp. 16-17):

"1) A livello regionale e nelle zone dove non vi è un grande ricambio di acqua (e quindi con regime di prezzi medio-alto), i risultati implicano che grandi quantità di acqua possano essere conservate, effettuando i tagli già accennati, spostandoci dalla massimizzazione della resa alla massimizzazione dei profitti. In Arizona per esempio potrebbe essere risparmiato un piede (circa 30 cm.) di acqua su 200 - 250.000 acri di terra (1 acro = 4047 mq.) riducendo le applicazioni fino al livello di massimizzazione dei profitti. Questo risparmio di acqua è approssimativamente il doppio di quanta ne viene consumata annualmente per uso civile ed industriale a Tucson, una città con un milione e mezzo di abitanti.

2) Vi sono poche possibilità che i tentativi di conservare l'acqua superficiale attraverso il meccanismo del prezzo abbiano successo, a meno che i prezzi vengano elevati diverse volte. I

prezzi correnti sono minimi, circa \$ 0.50 a pollice. Le elasticità stimate della domanda di acqua per il cotone ed il frumento sono così basse per tutti i tipi di terreno e per uno spettro così ampio di prezzi dei prodotti, che anche raddoppiando il prezzo dell'acqua non si otterrebbero dei sensibili risparmi.

3) Gli sforzi di conservare l'acqua attraverso meccanismi restrittivi possono seriamente influenzare i profitti a breve termine dell'azienda agraria. Per quanto riguarda il cotone, il frumento ed il sorgo coltivati su dei buoni terreni, i profitti vengono diminuiti di 80-100 dollari per acro con una diminuzione dell'acqua del 20%, al di sotto dei livelli di massimizzazione del profitto. Tuttavia nel lungo periodo le restrizioni di acqua potrebbero incoraggiare dei sistemi irrigui più efficienti o comunque delle pratiche colturali che ridurrebbero la diminuzione dei profitti nel breve periodo.

Wilson, Ayer e Snider in una analisi sull'irrigazione a goccia per il cotone giungono a dei risultati basilari per la loro ricerca. Metterò in evidenza i punti focali della loro ricerca (pp. 27-28):

"I sistemi di irrigazione a goccia per il cotone possono migliorare i profitti sotto molte delle diverse condizioni riscontrabili in Arizona. Rimane il fatto che però le rese devono aumentare per poter godere di questa aumento. I fattori chiave che influiscono sulle rese conseguite con questo tipo di sistema irriguo sono il suolo, il clima e la gestione. L'irrigazione a goccia tende ad incrementare le rese su terreni grossolani, dove il clima è caldo ed asciutto e vi è una gestione intensiva delle colture. In ogni caso sembra possibile aumentare la resa di una balla o più per acro. Se ciò avvenisse, l'irrigazione a goccia si dimostrerebbe un investimento vantaggioso nella maggior parte dei costi energetici, dei prezzi per il cotone e dei costi delle diverse forme di investimento. Senza un incremento di almeno una balla per acro, le circostanze sotto le quali l'irrigazione a goccia è vantaggiosa sono molto minori.

I produttori dell'Arizona (e di altri Stati) sono preoccupati per il fatto che l'aumentante costo dell'energia elettrica possa rendere la coltura del cotone svantaggiosa. Alcune aziende hanno già interrotto la produzione. In effetti, per costi energetici troppo elevati, un incremento nella resa di una balla o poco più per acro, potrebbe rivelarsi con una perdita di profitto nel breve periodo.

Vi sono degli svantaggi nell'irrigazione a goccia. E' una tecnologia costosa che richiede una pratica gestionale abbastanza

differente da quella richiesta per il normale tipo di irrigazione a solchi, ed inoltre non ne sono ancora stati bene stabiliti gli effetti sulla resa. I sistemi a goccia generalmente costano installati dai 900 ai 1.200 dollari per acro: circa la metà del costo di un ottimo terreno sviluppato ed irrigato.

I risparmi di acqua conseguiti con il sistema a goccia sono sostanziosi. Numerosi esperimenti hanno ridotto la quantità di acqua del 30-50% rispetto all'irrigazione a solchi: questi risparmi si aggirano sui 20-30 pollici ad acro. Gli effetti dell'evaporazione, della percolazione profonda e dello scorrimento sono tutti ridotti, un fatto di particolare importanza in Arizona, dove l'acqua persa per percolazione profonda e scorrimento superficiale è spesso persa del tutto.

Il fatto che questi grandi risparmi di acqua vengano effettuati o meno, dipende interamente dai vantaggi in termini di profitto che il sistema a goccia è in grado di offrire. Laddove il sistema appare svantaggioso, la politica di conservazione idrica potrebbe ugualmente essere condotta mediante programmi di partecipazione alle spese da parte della Stato o spese per programmi di ricerca, in modo da incoraggiare l'adozione della nuova tecnologia".

L'analisi economica è correntemente impiegata in studi relativi alla questione ambientale associata all'agricoltura irrigua; più precisamente problemi riguardanti la qualità dell'acqua ed i suoi effetti sul profitto dell'azienda; sui pesticidi associati all'agricoltura irrigua; sui temi riguardanti la diminuzione della distribuzione di azoto per migliorare la qualità dell'acqua, ed ancora problemi riguardanti la riduzione dei diserbanti nell'agricoltura irrigua.

Le ricerche effettuate presso l'Università dell'Arizona indicano che l'inquinamento da parte dell'azoto dell'acqua sotterranea potrebbe diventare un problema ancora più grande nel futuro. In quella ricerca furono effettuati dei test parcellari che indicarono il motivo per cui gli agricoltori sovrabbondavano nella distribuzione dei fertilizzanti e come i profitti venivano influenzati riducendo i livelli di azoto (Ayer, e coll., p. 7).

"I risultati giustificano la spiegazione per la quale i fertilizzanti sono distribuiti in eccesso poiché è poco costoso fare ciò: l'azoto in aggiunta è poco costoso ed i raccolti non ne risentono grandemente. Perciò gli agricoltori si trovano ad eccedere in azoto a poco costo per ridurre il rischio di non sapere come sarà il loro raccolto a livelli di azoto più bassi. Il nostro studio dovrebbe

aiutare a ridurre questo rischio. Abbiamo inoltre scoperto che per tre dei più importanti prodotti dell'Arizona, le applicazioni di azoto potrebbero essere ridotte di almeno un 20-30% dai livelli di massimizzazione delle rese con piccolo od alcun effetto negativo sui profitti immediati. Poiché ulteriori testimonianze dimostrano che molti agricoltori applicano almeno la quantità di azoto necessaria a massimizzare la resa, questo risultato ci sembra abbastanza significativo ed inoltre suggerisce che i programmi di divulgazione tecnica potrebbero avere una notevole influenza nel ridurre tali applicazioni".

Concludo dicendo che l'analisi economica è estremamente importante per l'agricoltura delle zone aride, ma più precisamente tali analisi sono indispensabili in una agricoltura irrigua. Le nostre analisi in Arizona sono state in gran parte molto utili alla comunità agricola. La maggior parte dei nostri studi è stata ben accettata, con l'eccezione di quelli i cui risultati rappresentavano una minaccia al potere contadino in fatto di politica dell'acqua".

V. Schemi di controllo e conservazione irrigui

L'ottenimento e l'utilizzazione dell'acqua superficiale e sotterranea per scopi irrigui porta in giuoco diversi aspetti ingegneristici, idrologici ed agronomici; aspetti legali sui diritti di proprietà e sul flusso dell'acqua; ed ancora molti degli aspetti della economia della produzione, compresa la pianificazione finanziaria. Le suddette considerazioni ci provengono da più di 50 anni di esperienza ma il tempo non ci permetterà di approfondirle tutte. In questi ultimi 50 anni il numero totale di acri destinato alla coltura irrigua è variato molto poco, compreso generalmente tra 1.0-1.2 milioni di acri coltivati annualmente in Arizona. (Il numero di acri è variato più del 20% solamente durante la guerra in Korea, durante il periodo inflazionistico negli anni '70 ed un'altra volta nel 1983). Da questo, ciò che si è presentato durante tale periodo è un modello dinamico di coltivazione e di sfruttamento dell'acqua sottoposto, da un lato, alle forze economiche associate all'offerta ed alla domanda dei prodotti agricoli, e dall'altro alle forze lavorative operanti nelle economie irrigue. Durante i periodi a prezzi elevati, gli agricoltori hanno pompato più acqua per aumentare il numero di acri coltivato, con la quantità di acqua direttamente dipendente dalla previsione sul prezzo del prodotto. Nei periodi a prezzi bassi od in situazioni economiche insta-

bili, gli agricoltori tendono invece a mettersi al riparo da un qualsiasi rischio rifugiandosi su dei prodotti sicuri come il cotone, per il quale dispongono di una eccellente tecnologia irrigua e prezzi stabili generalmente sottoscritti da programmi federali.

In Figura 1 è presentato il numero degli acri di terra messi a coltura (la maggior parte dei quali irrigati) dal 1912 al 1988. Dopo l'aumento ad oltre 1 milione di acri seguito alla Seconda Guerra mondiale, il grafico ha fluttuato tra 1.0-1.5 milioni di acri a seconda dei prezzi dei prodotti agricoli, dei costi energetici e di altri fattori quali l'espansione urbana e la tecnologia irrigua. La Tavola 2 dettaglia tali fluttuazioni per ogni singolo prodotto dal 1949. Si noti cosa è accaduto all'orzo, al sorgo e al fieno da un lato, in confronto al cotone, l'uva, i meloni, gli ortaggi ed al frumento dall'altro. Nelle Figure 2, 3 e 4 gli stessi dati presenti in Tav. 2 per gli anni 1968, 1978, 1988 ma in forma di percentuale sul totale. Notare il rapporto orzo-sorgo nei confronti del cotone. Le forze economiche agenti sull'acqua e sull'irrigazione, insieme ai programmi governativi sull'azienda agraria hanno imposto questi cambiamenti, ed altri ne seguiranno. L'evoluzione tecnologica e certi fattori istituzionali, vedi vere e proprie leggi sull'acqua, influenzeranno pesantemente l'agricoltura irrigua dell'Arizona.

Nonostante questo flusso e riflusso di forze economiche, fatto sta che c'è stata una inesorabile tendenza in certe regioni a prelevare quantità troppo elevate di acqua. Come conseguenza di ciò, nel 1980 è entrata in vigore una legge che prevede l'interruzione per il 2025 dello sfruttamento in eccesso delle falde acquifere – cioè che può essere asportata annualmente dalle falde soltanto la quantità di acqua che, nello stesso arco di tempo, è occorsa per riempirle (precipitazioni ed acqua per scorrimento). Il punto focale di questa legge è uno specifico programma di conservazione agricola molto rigoroso. Il programma nel suo complesso è amministrato direttamente dalle zone dove in effetti avviene la gestione dell'acqua.

Come è già stato accennato, la competizione tra agricoltura, città e miniere di rame si è risolta nel 1980 con la "Groundwater Law" (legge sull'acqua sotterranea), avente il compito di regolare il pompaggio dell'acqua sotterranea. Prima di questa legge gli agricoltori non avevano mai goduto di un diritto legalizzato sull'acqua. In caso di contestazione questo diritto veniva sentenziato in base all'uso che era stato fatto dell'acqua in passato. Nel 1980 la legge ha cambiato tutto ciò. Prima di tutto il diritto legale all'acqua è stato cambiato dalla sorgente dalla quale l'acqua proviene all'uso alla quale essa è destinata; in secondo luogo, per l'agricoltura, è stato incorporato nella legge quel *diritto d'uso* di generazione in generazione a cui si è appena

accennato.

Sebbene la legge prevedesse un certo numero di eccezioni, il suo principale effetto è stato quello di fissare un certo quantitativo massimo di acqua sotterranea per azienda agraria, basandosi sul consumo durante i cinque anni precedenti al 1 Gennaio 1980; è stato inoltre stabilito un nuovo schema irriguo per il periodo compreso tra il 1 Gennaio 1990 ed il 31 Dicembre 1999. Citando direttamente dal codice, il nuovo piano ha il compito di (p. 82):

"Stabilire un nuovo "irrigation water duty" (IWD) per ciascuna unità aziendale, da essere raggiunto al termine del secondo periodo di gestione..." – vedi 31.12.1999 – "...e può stabilire uno o più IWD intermedi da essere raggiunti a specifici intervalli durante il secondo periodo di gestione. Lo IWD finale e gli IWD intermedi dovranno essere calcolati quali la quantità di acqua ragionevolmente necessaria ad irrigare le piante tradizionalmente coltivate presso l'unità aziendale, e dovranno presupporre il massimo della conservazione consistente in una gestione aziendale prudente nel lungo periodo all'interno di quelle zone con simili condizioni agricole...".

Come si può supporre, l'IWD è la componente primaria del programma di conservazione idrica per l'agricoltura. L'*Irrigation Water Duty* (IWD) è la variabile che determina la quantità massima annua di acqua sotterranea destinata all'irrigazione in una unità aziendale. Il calcolo dell'IWD non è molto semplice bensì molto logico: viene calcolato nel seguente modo (Arizona Dept. of Water Resources, pp. 90-102).

$$1) \text{ IWD} = \frac{\text{Necessità Irrigua Totale (Numero Totale Acri a Coltura)}}{\text{Efficienza Irrigua Assegnata}}$$

$$2) \text{ Necessità Irrigua Totale} = \text{CU} + \text{ON} + \text{LR} + \text{EP}$$

dove

CU = uso irriguo vero e proprio (Consumptive Use)

ON = altri usi (Other Needs)

LR = necessità per acqua di percolazione

EP = precipitazioni (Effective Precipitation)

3) Numero Totale Acri a Coltura: è la somma degli acri messi a coltura nel periodo compreso tra il 1975 ed il 1979. Per quei terreni messi a coltura due volte, al fine del calcolo il numero di acri viene considerato una sola volta.

4) Efficienza Irrigua Assegnata: è una misura dell'effettività generale dell'applicazione irrigua in una stagione culturale ed è

funzione di molte variabili. Per legge è definita come:

$$\text{Efficienza Irrigua Assegnata} = \frac{\text{Necessità Irrigua Totale}}{\text{Volume Totale di Acqua Applicata}}$$

Nel determinare l'efficienza irrigua durante il secondo piano gestionale (1990-2000) sono considerati molti fattori quali: zone a condizioni agricole simili, tecniche colturali prudenti nel lungo periodo, miglioramento dei sistemi irrigui, etc.

Da ultimo, la quantità totale di acqua sotterranea a disposizione annualmente dell'unità aziendale viene calcolata moltiplicando l'IWD per il numero degli acri irrigati. Il "Groundwater Code" permette inoltre di prendere in prestito od accumulare acqua di anno in anno per fronteggiare le diverse condizioni climatiche e di mercato.

Come si potrà sospettare, il monitoraggio del consumo idrico per scopi agricoli richiede un largo "staff" di persone. La direzione del programma deve essere giusta e rigorosa.

VI. Alcune rilevazioni critiche sull'Agricoltura irrigua

A. L' eccessivo sfruttamento dell'acqua sotterranea per scopi agricoli non è soltanto un problema economico basato sulla formazione dei prezzi sui mercati interni e su quelli internazionali. È un problema che sorge anche quando a competere per l'acqua ci sono le città, l'agricoltura non tradizionale, i parchi ricreativi, campi da golf, etc.

B. Lo spopolamento e l'abbandono delle zone rurali a causa della crescente richiesta di acqua da parte delle città ed il "furto" del diritto all'acqua ai danni degli abitanti delle zone rurali da parte del potere politico concentrato nelle città. Soprattutto in Arizona ed in California questo sta diventando un punto di ampia contestazione. Colby et coll. hanno evidenziato molto bene in una loro dichiarazione questo stato di cose. Essi sottolineano (p.67):

"Nella maggior parte degli Stati Uniti occidentali, le unità governative locali non sono formalmente implicate nel processo di trasferimento del diritto all'uso dell'acqua, e le considerazioni in materia di impatto sulla zona d'origine non fanno generalmente parte delle procedure di approvazione del trasferimento. Tuttavia, tali zone d'origine stanno ricevendo una crescente attenzione da parte dei politici: infatti queste zone hanno la capacità di stabilire le condizioni sotto le quali i trasferimenti di ac-

qua verrebbero approvati e di influenzare i costi del compimento del trasferimento stesso".

Inoltre, Colby compie un'eccellente analisi sulla tutela dei diritti all'acqua presso le zone di origine.

C. Problemi ambientali associati ad un'agricoltura irrigua di tipo intensivo. Ne elenco solamente alcuni.

1. Pesticidi
2. Nitrati
3. Problemi di salinizzazione
4. Subsidenza
5. Abbandono del territorio laddove l'acqua si è esaurita
6. Acquacoltura associata a schemi irrigui.

D. Problemi riguardanti il riciclaggio dell'acqua di provenienza urbana ad uso degli agricoltori. Questo è un campo di crescente interesse per l'analisi economica. Per esempio attualmente le città dell'Arizona utilizzano il 25% dell'acqua dello Stato, ma non appena questa percentuale aumenterà il problema diverrà ancor più controverso. Elenco solo tre voci: 1) acque di scarico, 2) melma e metalli pesanti.

E. Politica ed Agricoltura irrigua.

Insomma, le considerazioni economiche in termini di agricoltura irrigua costituiranno negli Stati Uniti un importante oggetto di studio. L'agricoltura si porrà al centro della controversia sull'utilizzo dell'acqua. Da ultimo, l'abbassamento delle tavole d'acqua ed il costo energetico, due fattori entrambi economicamente orientati ridurranno lo sfruttamento agricolo dell'acqua.

Bibliografia

- Arizona Department of Water Resources. *Draft Management Plan, Second Management Period: 1990-2000, Tucson Active Management Area*, April 1988.
- Ayer Harry W., and Paul G. Hoyt. *Crop-Water Production Functions: Economic Implications for Arizona*. Technical Bulletin N. 242, Agricultural Experiment Station, College of Agriculture, University of Arizona, and Natural Resources Economics Div., ERS, USDA. Sept. 1981.

- Ayer Harry, Paul Hoyt, Bryant Gardner, Bob Roth and Tom Doerge, "Cutting Nitrogen Applications for Improved Water Quality: Does the Farmer Lose?" in "Papers of the 1989 Annual Meeting"; Western Agricultural Economics Assoc. Held in Coeur D'Alene, Idaho, July 9-12, 1989, pp. 533-540.
- Colby Bonnie G. "Economic Impacts of Water Law - State Law and Water Market Development in the Southwest". *Natural Resources Journal* 28 (1988): 721-749.
- Colby Bonnie G., Mark A. McGinnis, Ken A. Rait and Richard W. Wahl. "Transferring Water Rights in the Western States - A Comparison of Policies and Procedures", Occasional Papers Series, Natural Resources Law Center, Univ. of Colorado School of Law, Feb. 1989.
- Daubert John and Harry Ayer. *Laser Leveling and Farm Profits*, Technical Bulletin N. 244. Agricultural Experiment Station, College of Agriculture, Univ. of Arizona, and Natural Resource Economics Div., ERS, USDA. June 1982.
- Kelso Maurice M., William E. Martin and Lawrence E. Mack. *Water Supplies and Economic Growth in an Arid Environment: An Arizona Case Study*. Tucson, AZ: University of Arizona Press, 1973.
- Postel Sandra. *Water for Agriculture: Facing the Limits*, Worldwatch Paper 93. Wash., D.C.: Worldwatch Institute, Dec. 1989.
- Wade James C. "Managing Water: Economics of Complex Systems," in *Farm Management, 1989 Yearbook of Agriculture*, Wash D.C.: USDA, 1989, pp. 173-176.
- Wilson Paul, Harry Ayer and Gary Snider. *Drip Irrigation for Cotton: Implications for Farm Profits*. Agricultural Economic Report N. 517. Natural Resource Economics Div., ERS, USDA, July 1984.
- Arizona Department of Water Resources. "Overview of the Arizona Groundwater Management Code." [1986]
- Arizona Land and People. "Water Research: Insuring Arizona's Future". V. 38, N. O. 3. Tucson, AZ: College of Agriculture, Univ. of Arizona: 1988.
- Ayer Harry. "Reduced Water Applications: Does it Make Economic Sense?" Paper presented May 24, 1989 at Univ. of Arizona, Cooperative Extension Irrigation In-Service Casa Grande, AZ.
- Ayer Harry W. "The Second Management Plan: What's proposed for Irrigation," *Agricultural Policy and Economic Issues*, V. 4, N. 2, Cooperative Extension Service and Dept. of Agricultural Economics, Univ. of Arizona, April 1988.
- Ayer Harry and Jack Watson. "The Environmental Quality Act:

Implications for Arizona Agriculture", *Agricultural Policy and Economic Issues*, N. 3, N.O. 4, Cooperative Extension Service and Dept. of Agricultural Economics, Univ. of Arizona, Oct. 1987.
 Saliba Bonnie Colby. "Do Water Markets 'Work'?: Market Transfers and Trade-Offs in the Southwestern States," *Water Resources Research* 23 (1987): 113-1122.

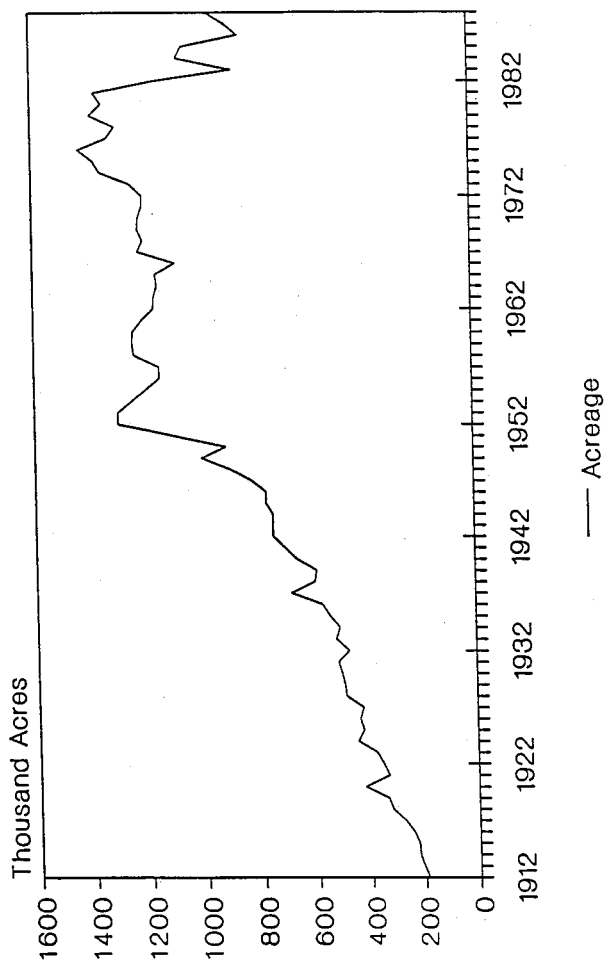
Legenda inglese-italiano alla Tav. 2 e figg. 1, 2, 3, 4.

Barley:	Orzo
Citrus:	Agrumi
Corn:	Granoturco
Cotton:	Cotone
Crops:	Raccolti, Prodotti in genere
Grapes:	Uva
Hay:	Fieno
Lettuce:	Lattuga
Melons:	Meloni
Safflower:	Cartamo, Zafferanone
Sorghum:	Sorgo
Vegetables:	Ortaggi
Wheat:	Frumento

Table 2. Arizona Commodity Roseage 1949 - 1988

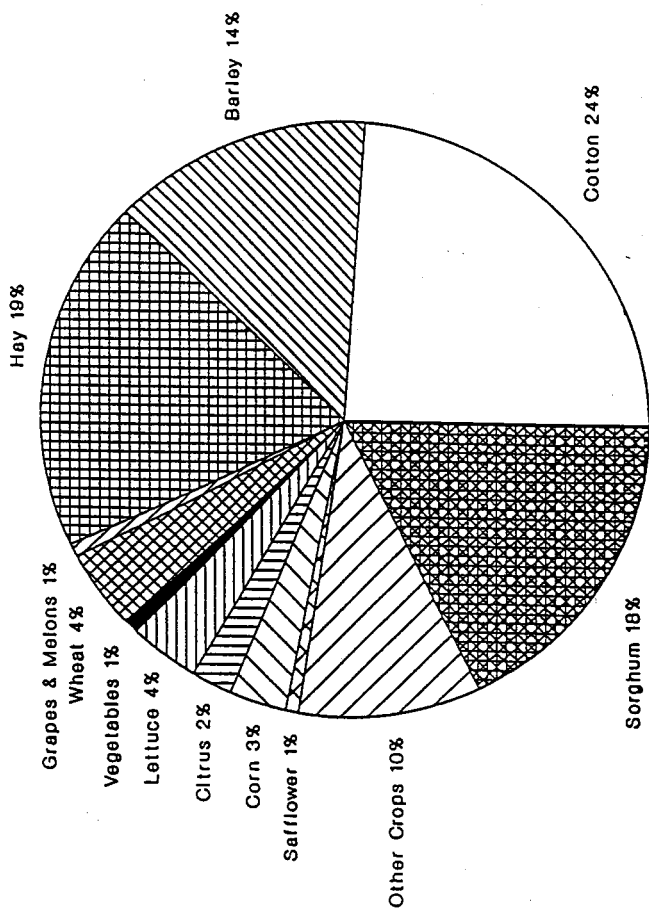
	Total Heres (0000)	Cotton	Barley	Hay	Grapes & Melons	All Veget	Lettuce	All Citrus	Corn	Saf flower	Other Crops	Sorghum
1949	1,000.00	985.00	126.00	253.00	5.50	28.00	4.20	40.70	19.10	31.00		76.00
1950	915.00	275.00	157.00	253.00	5.00	25.00	4.90	44.80	18.20	29.00		96.00
1951	1,100.00	579.00	98.00	249.00	5.20	18.00	3.80	42.60	18.00	35.00		40.00
1952	1,800.00	674.00	107.00	246.00	4.10	17.00	4.00	41.20	16.60	99.00		50.00
1953	1,300.00	690.00	141.00	237.00	5.00	18.00	5.70	38.40	15.00	33.00		53.00
1954	1,250.00	420.00	268.00	257.00	6.00	15.00	4.50	39.20	13.90	31.00		57.40
1955	1,200.00	355.00	174.00	284.00	4.90	42.00	5.30	37.10	13.80	32.00		170.00
1956	1,150.00	898.00	131.00	273.00	5.00	58.00	4.30	46.00	19.60	94.00		143.00
1957	1,150.00	932.00	148.00	250.00	5.80	63.00	6.50	52.50	13.80	35.00		166.00
1958	1,239.95	377.00	135.00	259.00	7.40	122.00	9.60	64.50	14.90	32.00		151.00
1959	1,245.97	383.00	144.00	260.00	6.20	94.00	7.80	62.00	17.30	28.00		153.00
1960	1,243.17	426.00	150.00	275.00	6.30	22.00	9.80	56.60	18.40	27.00	3.50	162.00
1961	1,210.84	392.00	165.00	277.00	6.30	26.00	10.30	57.00	20.30	30.00	13.00	148.00
1962	1,168.67	405.00	111.00	257.00	6.50	24.00	8.50	53.60	22.30	35.00	52.00	129.00
1963	1,165.80	387.00	127.00	236.00	6.50	27.00	9.60	56.20	24.40	35.00	55.00	138.00
1964	1,154.00	375.00	144.00	249.00	7.90	33.00	8.20	58.10	27.00	31.00	5.50	145.00
1965	1,160.00	339.90	153.00	240.00	8.35	26.00	11.00	55.90	27.25	35.00	12.00	184.00
1966	1,087.50	252.20	110.00	240.00	7.83	23.00	12.50	55.30	30.43	35.00	38.00	206.00
1967	1,222.00	244.70	160.00	233.00	7.92	50.00	10.90	47.20	32.13	37.00	96.00	251.00
1968	1,204.00	298.30	176.00	239.00	8.80	52.00	10.10	45.40	27.57	39.00	9.00	220.00
1969	1,222.10	310.40	144.00	224.00	26.48	73.00	19.57	49.20	44.28	35.00	25.00	184.00
1970	1,219.03	273.80	140.00	243.00	19.60	150.00	18.28	50.90	45.85	35.00	11.00	174.00
1971	1,205.17	285.40	119.00	240.00	20.84	173.00	16.01	45.20	44.90	38.00	20.00	139.00
1972	1,205.08	310.90	97.00	259.00	20.93	170.00	15.45	46.10	34.10	32.00	33.00	118.00
1973	1,250.00	310.00	110.00	253.00	18.23	185.00	17.09	46.10	37.53	31.00	23.00	101.06
1974	1,352.97	426.70	60.00	245.00	13.93	200.00	14.50	42.90	39.33	32.00	15.00	146.61
1975	1,376.82	297.80	65.00	220.00	14.97	260.00	10.65	38.80	55.19	31.00	44.30	230.71
1976	1,429.21	370.00	57.00	200.00	17.15	431.00	12.25	37.30	58.76	30.00	0.00	168.75
1977	1,327.67	557.30	55.00	205.00	18.81	140.00	11.95	37.90	57.20	30.00	10.50	166.01
1978	1,296.22	572.20	35.00	200.00	18.42	138.00	11.85	42.50	45.80	30.00	6.00	167.45
1979	1,385.89	618.30	43.00	190.00	20.10	125.00	13.10	45.60	47.64	31.00	11.20	210.95
1980	1,344.24	591.10	50.00	195.00	14.60	215.00	10.85	35.00	43.65	32.00	3.70	119.34
1981	1,371.83	632.60	96.00	190.00	14.04	258.00	10.87	29.60	46.68	32.00	1.50	90.06
1982	1,159.08	511.60	38.00	195.00	18.69	143.00	12.07	34.30	42.40	35.00	4.60	114.42
1983	877.57	313.30	27.00	170.00	17.43	119.00	13.20	38.00	41.20	34.00	3.60	81.84
1984	1,072.23	479.30	53.00	165.00	19.47	142.00	15.90	45.30	38.40	32.00	6.10	57.76
1985	1,050.43	415.30	62.00	167.00	22.57	112.00	16.20	38.40	36.50	29.00	0.00	138.46
1986	852.87	322.80	29.00	177.00	25.43	94.00	18.50	37.80	35.50	37.00	2.50	56.34
1987	898.74	379.80	22.00	190.00	26.90	89.00	18.80	46.00	35.60	29.00	2.50	45.14
1988	962.48	477.00	13.00	180.00	21.70	88.00	18.80	46.00	35.60	24.00	0.75	55.63

Figure 1. Arizona Crop Acres



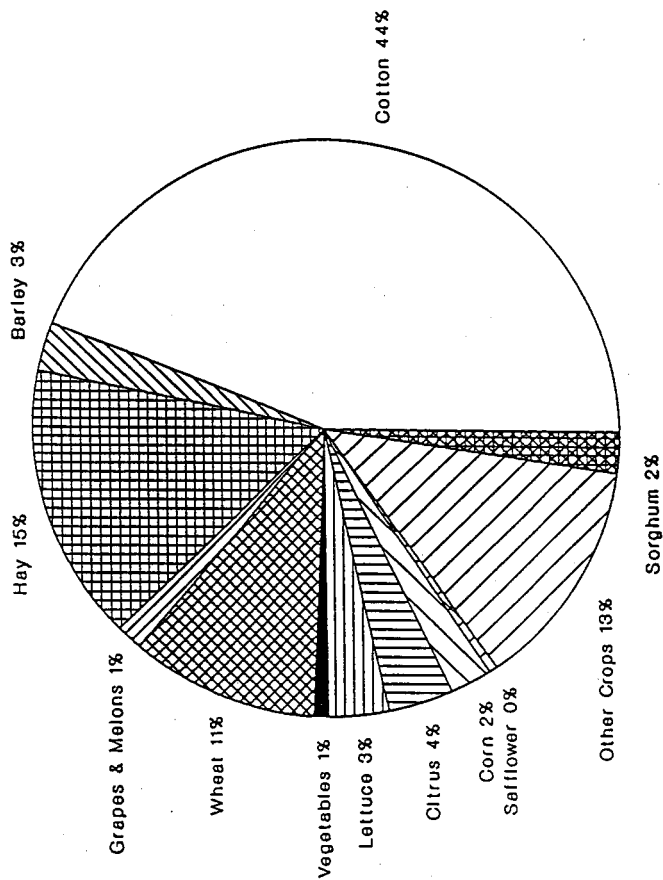
Source: *Arizona Agricultural Statistics*,
 Arizona Agricultural Statistics Service,
 Phoenix, AZ, Yearly Issues.

Figure 2. 1968 Crop Mix
1,204,000 acres



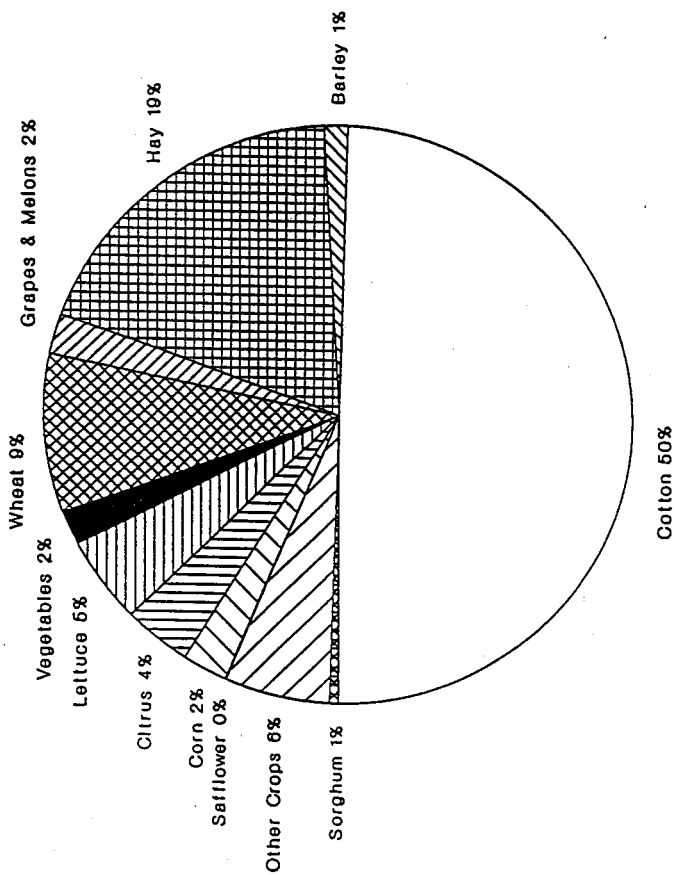
Source: Arizona Agricultural Statistics
Arizona Agricultural Statistics Service,
Phoenix, AZ. Yearly Issues.

Figure 3. 1978 Crop Mix
1,298,000 Acres



Source: Arizona Agricultural Statistics,
Arizona Agricultural Statistics Service,
Phoenix, AZ, Yearly Issues.

Figure 4. 1988 Crop Mix
962,500 Acres



Source: Arizona Agricultural Statistics,
Arizona Agricultural Statistics Service,
Phoenix, AZ, Yearly Issues